DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang | 6. Mai 1927 | Heft 18

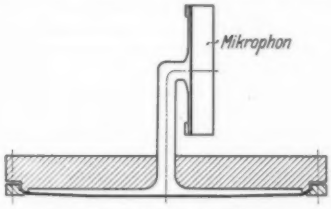
Zur Ausbreitung elastischer Wellen in der Erdoberfläche[1]).

Von E. WAETZMANN, Breslau.

Ich möchte über einige Beobachtungen berichten, die sich auf die Ausbreitung künstlich erregter, elastischer Wellen in der äußersten Erdrinde beziehen. Die Beobachtungen sind zum größten Teil schon während des Krieges, seit Anfang 1915, angestellt, aber nicht publiziert worden. Heute dürften sie namentlich im Rahmen der geophysikalischen Arbeiten über die Erschließung von Lagerstätten wertvollen Gesteins, wieder ein gewisses Interesse finden. An den Versuchen waren teilweise die Herren Dr. GRUSCHKE und SCHWENNICKE von Siemens u. Halske, teilweise die Herren Dr. MINKOWSKI und namentlich Dr. MOSER beteiligt.

§ 1. Den Ausgangspunkt der Versuche bildete die Aufgabe, Miniergeräusche auf möglichst große Entfernungen abzuhören, und womöglich auch die Richtung, aus der die Geräusche kommen, und damit den Ort des Minierens, festzustellen.

Hierzu mußte zunächst ein Horchgerät konstruiert werden, das den Bodenschall gut aufnimmt und in möglichster Stärke dem Ohre zuzuleiten gestattet. Eine schwere Grundplatte von etwa 15 cm Durchmesser wurde unten ganz wenig ausgehöhlt und mit einer vernickelten Weißblechmembran verschlossen. Von diesem Hohlraum



Schematische Darstellung des Horchapparates.

führt eine Bohrung durch die Platte und durch einen kleinen Aufsatz zu einem zweiten, ebenfalls sehr niedrigen Hohlraum, der durch die Membran eines Mikrophons besonderer Konstruktion verschlossen ist. [Beim Aufstellen des Apparates ist darauf zu achten, daß die Grundmembran guten Schluß mit dem Erdboden hat; ferner muß bei schräger und senkrechter Lage der Grundmembran (Abhören an Wänden) die Mikrophonmembran in angenähert senkrechter Ebene bleiben.] Drückt man den Apparat leicht gegen das Herz, so müssen die aus dem Telephon kommenden Herzgeräusche in einem etwa 50 Personen fassenden Auditorium überall deutlich zu hören sein (der Versuch wurde vorgeführt). Die ersten erfolgreichen Versuche, die Herztöne elektroakustisch aufzunehmen und dann radiotelegraphisch weiterzugeben sind — sicherlich wenigstens in Deutschland — mit dem beschriebenen Apparat ausgeführt worden. Überhaupt ist das Problem, irgendwelchen Schall aus dem Erdboden oder aus dem menschlichen Körper aufzunehmen, grundsätzlich das gleiche; man sollte auf diese Zusammenhänge etwas mehr achten. Die Reichweite des Apparates kann man bei Bedarf stark steigern; namentlich dadurch, daß man ihn auf eine Platte aufsetzt, die in einem Gehäuse größerer Masse und größerer Oberfläche etwas federnd befestigt ist.

§ 2. Bei der Benutzung des Apparates wurden einige Beobachtungen gemacht, die, wie ich hauptsächlich von meinem früheren Assistenten, Herrn Dr. FERDINAND MÜLLER, gelernt habe, für die Naheseismik auch heute noch neu und von Interesse sind. (Herr MÜLLER, dem ich die Einführung in die fragliche Literatur verdanke, hat unabhängig von mir teilweise ähnliche Beobachtungen mit ähnlichen Apparaten gemacht.) Unser verstorbener Kollege GEORG V. DEM BORNE hat seinerzeit sofort, nachdem er den Apparat und die akustische Methode kennengelernt hatte, darauf hingewiesen, daß hiermit dem Bergmann und dem Bautechniker (Erschütterung von Gebäuden usw.) eine evtl. wertvolle, neue Untersuchungsmethode an die Hand gegeben wird, und hat bei der Bergbaubehörde entsprechende Versuche angeregt.

Die Fernseismik operiert hauptsächlich mit drei Wellentypen, erstens der longitudinalen Verdichtungswelle, die von einem Bebenherd ausgeht, zweitens der transversalen Schubwelle, die mit kleinerer Geschwindigkeit abläuft, und drittens den Oberflächenwellen, die sich an der Erdoberfläche ausbilden und sehr verwickelter Art sein können. Für die longitudinale Komponente rechnet man mit einer mittleren Geschwindigkeit von rund 7000 m/sec, für die transversale rund 4000 m/sec und für die Oberflächenwelle rund 3500 m/sec. Die ersten beiden Komponenten geben meist schwächere Erschütterungen und werden als Vorläufer bezeichnet, die Oberflächenwelle als Hauptwelle. Nach WIECHERT kann man aus den Laufzeitkurven der Erdbebenwellen in großen Zügen Schlüsse auf den Aufbau der Erde ziehen.

Wird nun auf der Erdoberfläche, etwa durch Aufschlagen mit einem Hammer, oder durch Fallenlassen eines Gewichtes, eine kleine Erschütterung hervorgerufen, so dürften da in jedem

[1]) Vortrag, gehalten am 15. Febr. 1927 in der naturwissenschaftlichen Sektion der Schles. Gesellschaft für vaterl. Kultur.

Falle eine longitudinale Verdichtungswelle und eine transversale Welle ausgehen, obwohl je nach der Erregungsart, der Bodenbeschaffenheit usw. die Verhältnisse im einzelnen sehr verschiedene sein werden, so daß beispielsweise die longitudinale Komponente der Beobachtung ganz entgehen kann. Ein Membranapparat nach Art des oben beschriebenen dürfte in manchen Beziehungen besonders geeignet sein, diese Vorgänge etwas zu klären, ist m. W. sonst aber noch nicht dazu verwendet worden.

Beim Abhören künstlich erzeugter Erschütterungen sowie der — sehr verschiedenartigen — Miniergeräusche ergab sich oft ein sehr kompliziertes Bild.

A. Zunächst fiel bei Beobachtungen im Sandboden (mit Gras durchwachsen) der Jungfernheide bei Berlin, dann aber auch in anderen Sandböden sowie in etwas lockeren Böden auf, daß schon der erste Schlag im Telephon des Horchapparates später gehört wurde als der Luftschall. Seine Geschwindigkeit wurde z. B. in der Weise abgeschätzt, daß der Leitungsdraht zwischen Horchapparat und Telephon genügend lang genommen wurde, so daß sich der Beobachter in der Richtung Geräuschquelle — Horchgerät soweit von dem letzten entfernen konnte, bis Luftschall (freies Ohr) und Bodenschall (Telephon) als etwa gleichzeitig ankommend geschätzt wurden. Die Werte wichen an verschiedenen Beobachtungsstellen scheinbar sehr ähnlicher Art stark voneinander ab, auch wurde nicht näher geprüft, inwieweit die recht unsicher erscheinende Beobachtungsmethode als solche brauchbar ist; als mittleren Wert möchte ich etwa 260 bis 280 m/sec angeben, es kamen aber bestimmt auch noch kleinere Werte vor. Einer meiner damaligen Mitbeobachter glaubt sogar, daß Werte bis zu 100 m/sec herab ziemlich sicher gestellt seien. Leider sind schriftliche Aufzeichnungen fast völlig verloren gegangen, namentlich auch sämtliche Oszillographenaufzeichnungen (siehe B) die später gelegentlich gemacht wurden.

Zunächst glaubte ich, daß der erste gehörte Schlag von einer transversalen Welle herrühren müsse, zumal für die longitudinale Komponente wohl ganz allgemein viel größere Geschwindigkeiten angenommen werden. Der Apparat hätte dann auf die longitudinale Komponente nicht merklich reagiert, was auf den ersten Blick wahrscheinlich erscheint, da er mit horizontaler Membran auf dem flachen Erdboden stand. Als dann aber an Böschungen und auch in Erdlöchern beobachtet wurde, wobei der Apparat nicht nur horizontal, sondern auch schräg und mit vertikaler Membran aufgestellt wurde, um die einzelnen Komponenten nach Möglichkeit von einander zu trennen, ergab sich auch hierbei der beschriebene Effekt. Freilich ist eine saubere Trennung der einzelnen Komponenten nicht gelungen, was wohl nicht nur am Mangel an Zeit zu systematischen Versuchen lag, sondern auch an gewissen Komplikationen, die sich unerwarteter Weise bemerkbar machten.

B) Schon bei horizontaler Aufstellung des Apparates auf der Erdoberfläche wurden nämlich oft mehrere Schläge, mindestens zwei, zuweilen ein förmliches Rollen gehört. Zunächst wurde das auf Reflexionen an Baumwurzeln, Grabenwänden usw. geschoben, die sicherlich bei den ersten Versuchen auch mitgewirkt haben. Es wurden dann Versuche in 1—2 m, etwa 10 m und 20—30 m Tiefe angestellt; die Erscheinung der Doppelschläge wurde auch hier beobachtet. Allerdings war bei den Beobachtungen in größerer Tiefe das Gelände von Stollen durchzogen, sodaß hier Reflexionen an den Stollenwänden sowie Beugung in Betracht kommen konnten. Wenigstens hörte man gelegentlich bei Aufstellung des Apparates in der einen Stollenwand nur einen Schlag, an der anderen Wand zwei Schläge. Aber auch in nicht zerklüftetem Gelände, als Reflexionen an künstlichen Hindernissen ausgeschlossen schienen, wurden mehrere Schläge gehört, so daß schließlich nichts anderes übrig blieb, als wenigstens teilweise eigenartige Bodenbeschaffenheit, Inhomogenitäten, Schichtenwechsel usw. dafür verantwortlich zu machen. In einer nicht veröffentlichten, sondern nur für den Dienstgebrauch bestimmten Niederschrift habe ich bereits Mitte 1915 auf diese Reflexionen hingewiesen, sowie auf die Gefahren, die sie für die akustische Richtungsbestimmung in der Erde bieten. In dieser Niederschrift heißt es: „Es sei nochmals, wie es schon in der Hauptbeschreibung geschehen ist, darauf hingewiesen, daß infolge unregelmäßiger Bodenbeschaffenheit Fehlbestimmungen (der Richtung) vorkommen können". Es kann z. B. infolge von Reflexionen ein einmaliges Klopfen schon in einem Horchapparat als Doppelschlag zu hören sein, indem der Schall einmal auf dem direkten Wege und etwas später infolge von Reflexionen auf einem Umwege in den Horchapparat gelangt. In solchen Fällen kommen leicht Fehlbestimmungen vor. Vielfach kann man sich dann aber dadurch helfen, daß man die beiden Horchapparate an etwas andere Stellen des Erdbodens setzt, und bei verschiedener gegenseitiger Lage der Apparate mehrere Beobachtungen macht. Mir scheint, daß die Tatsache der — zuweilen sehr starken — Bodenechos noch gar keine oder jedenfalls zu geringe Beachtung gefunden hat.

Bei den obenerwähnten, gelegentlichen Oszillographenaufnahmen wurden zwei Horchgeräte in etwa 10—40 m Abstand voneinander aufgestellt und mit je einer Oszillographenschleife verbunden. Leider war hierbei die allgemeine Bodenunruhe, vermutlich durch Baumbestand hervorgerufen, so groß, daß die einzelnen Welleneinsätze nicht sicher zu erkennen waren. Wir glaubten aber, drei Einsätze feststellen zu können, von denen jedenfalls der eine nur als Reflex an einer tieferen Bodenschicht gedeutet werden konnte.

C. Um die Richtung, aus welcher der Schall kam, festzustellen, benutzten wir gemeinsam mit Herrn GRUSCHKE schon bei den ersten Versuchen zwei Horchapparate, deren jeder mit je einem

Ohre des Beobachters verbunden war. Dabei glaubte ich zunächst, daß die Richtungsbestimmung um so leichter sein würde, je größer der Abstand der beiden Apparate gewählt wird, weil nicht ein einheitliches Schallbild erwartet wurde, das bekanntlich erst von v. HORNBOSTEL und WERTHEIMER gewissermaßen entdeckt und verwertet worden ist, sondern eine Art Doppelschlag[1]), dessen zeitliche Verhältnisse die Richtungsbestimmung ermöglichen sollten. Deshalb wurde zunächst mit großen Abständen von 10—20 m gearbeitet, und erst allmählich wurden, unter dem Zwange äußerer Verhältnisse, auch ganz kurze Abstände gewählt, wie sie etwa den von v. HORNBOSTEL und WERTHEIMER gewonnenen Erkenntnissen entsprechen. Aber auch unter diesen Versuchsbedingungen ergab sich bei den Beobachtungen in Sand und lockerem Boden oft kein einheitliches Schallbild. Vielmehr wurde der Eindruck gewonnen, daß jedes Ohr noch von einem gesonderten Schlage getroffen wurde, und daß im Zusammenhang hiermit eine Rechts- oder Linksempfindung zustande kam. Es scheint mir, zumal nach einer freundlichen brieflichen Mitteilung Herrn v. HORNBOSTELS wahrscheinlich, daß hierbei die fast immer vorhandene Verschiedenheit in der Klangfarbe der den beiden Ohren dargebotenen Schläge eine entscheidende Rolle spielt. In anderen Böden, z. B. m. W. Kalkböden in 20 m Tiefe, erhielt ich später in der Regel das richtige HORNBOSTEL-WERTHEIMER-Bild, zuweilen allerdings völlig gestört durch die unter B besprochenen Komplikationen. Im ganzen waren die Erfahrungen mit dem Richtungshören im Erdinnern — namentlich in vertikaler Richtung — recht befriedigende; besonders dann, wenn eine größere Zahl von Beobachtungen kombiniert werden konnte.

Zusammenfassung: Es ist ein Horchgerät für Bodenschall (Geophon) konstruiert worden, das m. W. als erstes seiner Art in großem Umfange und mit gutem Erfolge praktisch verwendet worden ist. Mit diesem Horchgerät sind qualitative Beobachtungen über die Ausbreitungsgeschwindigkeit elastischer Wellen, über Schallechos und über Schallrichtungsbestimmung in der äußersten Erdschicht angestellt worden, die eine weitere Verfolgung dieser Fragen interessant erscheinen lassen.

[1]) Herr GRUSCHKE war allerdings von vornherein auf Grund gemeinsam angestellter theoretischer Erwägungen der Ansicht, daß auch die Lokalisation eines einheitlichen Schallbildes nur durch zeitliche Differenzen in den beiden Ohren bedingt sein könne. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß wir schon bei den ersten Versuchen mit zwei getrennten Horchapparaten die Notwendigkeit erkannten, die zwei Telephone gleichsinnig zu polen.

Beiträge zur Psychologie einiger Vogelarten.

Von HORST WACHS, Rostock.

Jedem, der sich mit Haltung von Vögeln beschäftigt hat, ist bekannt, wie verschieden sich die einzelnen Arten zum Menschen und zur Gefangenschaft einstellen: während manche Arten, alt gefangen, sich nie in die stets „unnatürlichen", d. h. ihnen nie vollkommen naturgemäßen neuen Verhältnisse hineinfinden, sondern sich entweder dauernd mit vergeblichen Bemühungen zur Wiedergewinnung der Freiheit mühen oder resigniert auf jegliche Betätigung verzichten (vgl. die gekäfigten Raubvögel vieler zoologischer Gärten), nehmen andere aktiv und sinngemäß Stellung zu den ihnen neu gebotenen Problemen. Diese Verschiedenheit des Verhaltens offenbart den verschiedenen Grad der „Freiheit" des Handelns (im psychologischen Sinne): je weitgehender die einzelnen Handlungen in Verbindung mit normalerweise auftretenden Lebensbedingungen festgelegt sind, je mehr sie, wie wir dann sagen, „instinktiv" ablaufen, um so unfreier steht die betreffende Art neuen, ungewohnten Bedingungen gegenüber und umgekehrt.

Wovon hängt es nun ab, ob eine Art mehr oder weniger „frei" oder „unfrei" in ihren Entschlüssen ist? Offenbar von den „Problemen", die im Freileben der betreffenden Art gestellt werden: je spezialisierter die Ernährungsweise einer Art ist, um so mehr sind alle Reaktionen in Zuordnung zu wenigen, immer ähnlichen Umweltsfaktoren festgelegt. Für einen Kreuzschnabel bietet ein Tannen- oder Kiefernzapfen überhaupt kein Problem, er tritt diesem Umweltserlebnis sofort mit der „richtigen", d. h. für ihn naturgemäßen Reaktion gegenüber und holt in artcharakteristischer Weise die Samen heraus. Hier braucht nichts „gelernt", nichts „überlegt" werden. Reiz und Reaktion sind (mehr minder) zwangsläufig verbunden; sofern die entsprechenden „Vorbedingungen", hier im wesentlichen Hunger und Ungestörtsein, vorhanden sind, wird instinktiv „richtig", d. h. zweckdienlich gehandelt. An das Problem des Instinktes selbst wollen wir hierbei gar nicht herantreten. Es genüge uns das Beispiel.

Ganz anders bei jenen Formen, die ihrem Nahrungserwerb unter vielfach verschiedenen äußeren Umständen nachgehen müssen, wie es etwa die Rabenvögel sind. Je nach Jahreszeit und Landschaft gewinnen sie ihre Nahrung unter den verschiedensten Umständen: im Frühjahr durch Aufsuchen und Plündern der Nester verschiedenster Art, oder durch Fang von Mäusen, Insekten, Engerlingen usw. hinter dem Pfluge — im Herbst und Winter an den Müllplätzen oder mitten in den Straßen der Dörfer und Städte — im Norden an den Fangplätzen der Fischer und Robbenjäger —, im Süden an den Kadavern eingegangener Herdentiere —, und allenthalben durchs ganze Jahr durch Aufsuchen von Insekten, Asseln usw. bei Laub,

Holz, Steinen usw. — kurz, immer und überall wechseln die Situationen in denkbar größter Variation, immer sieht sich das Tier neuen Kombinationen und damit „Problemen" gegenüber; es muß hierzu von Fall zu Fall aktiv Stellung nehmen, es muß „wählen" und „sich entschließen".

Von der nach Wahl und Entschluß im Einzelfall vollzogenen Handlung hängt der weitere Verlauf des Geschehens ab — „Erfolg" oder „Mißerfolg". Auf Grund der tausendfältig verschiedenen Erlebnisse gewinnt hier das Individuum „Erfahrung", es lernt.

So wird verständlich, daß das Verhalten gerade dieser Arten eine große Plastizität zeigt: alles „Neue" wird, sofern nicht schleunigste Flucht ratsam scheint, als Problem behandelt, mit dem sich das betreffende Individuum auseinanderzusetzen wünscht. Infolge der hierdurch bei diesen Arten fast immerzu vorhandenen „inneren Bereitschaft zu aktiver Betätigung" machen die Rabenvögel auf den Beobachter stets den Eindruck „intelligenter" Tiere; so unangebracht und erkenntnishindernd falsche Anthropomorphismen sind — hier darf auch der kritische Beobachter dem Tier in hohem Maße Intelligenz zuerkennen. Wegen dieser Eigenschaft waren Rabenvögel ja jederzeit beliebte Hausgenossen — selbst Wotan hatte seine Raben! Aus dem gleichen Grunde scheinen sie geeignet zu kritischem Studium der Leistungsfähigkeit der Vögel.

Nun erschien soeben eine Arbeit von Fräulein Dr. MATH. HERTZ-München, die in vortrefflichster Weise über „Beobachtungen an gefangenen Rabenvögeln" berichtet[1]) und die den unmittelbaren Anlaß zu diesem Aufsatz bildete, da Methode und Ergebnisse allgemeine Beachtung verdienen. Im folgenden will ich kurz und kritisch über einiges des dort Mitgeteilten berichten und weiteres einschlägiges Material bringen.

Frl. HERTZ hielt eine Dohle (Lycos monedula spermologus Vieill.), eine Rabenkrähe (Corvus corone L.), beide jung in Gefangenschaft gekommen, und eine alt gefangene Saatkrähe (Corvus frugilegus L.). Grundleglich für die ganze Arbeit ist die richtige Erkenntnis, daß Voraussetzung für jeden biologischen Versuch eine genaue Kenntnis *des normalen Verhaltens* der zu untersuchenden Art bilden muß — und diese Grundlage fehlt uns oft „selbst bei den vertrautesten Tieren unserer Fauna". Dem Experiment muß selbstverständlich die Kenntnis des Normalen vorausgehen!

Um normale, ungezwungene und unerzwungene Lebensäußerungen gefangen gehaltener Tiere eingehend zu beobachten, müssen erstens die Tiere sich in ihrem gegebenen Raum wohl fühlen, zweitens darf die Anwesenheit des Beobachters sie in keiner Weise beunruhigen — beides nicht leicht zu erfüllende Bedingungen!

Der jung aufgezogenen Dohle und Rabenkrähe waren aber Wohnraum und Pfleger sehr bald vollkommen vertraut; dabei kennen die Tiere jeglichen Gegenstand an seinem bestimmten Platz aufs Genaueste, und so wirkt die mindeste Veränderung im gewohnten Raum zunächst schreckend. Ganz entsprechende Beobachtungen machte HEINROTH[1]) an seinen beiden zahmen Kolkraben (Corvus corax L.): die Anbringung einer Drahttür zum Ausflug aus dem als gewohnter Aufenthalt dienenden vergitterten Balkon erregte, obgleich die Tiere bei der Herstellung dabei waren und sich in ihrer Weise betätigten, „heillosen Schrecken, so daß sie stundenlang zimmerwärts gegen die Scheiben rasten"; als diese Tiere älter waren und in einem Flugkäfig des Zoo wohnten, ließen sie sich alltäglich nach dem gewohnten Freifluge unschwer dorthin zurückbringen; eines Tages aber „stiegen sie, in der Nähe ihres Flugkäfigs angelangt, steil hoch" und mußten über Nacht draußen gelassen werden; Grund: ein in ihrer Abwesenheit in 75 m Entfernung aufgestellter Holzstoß.

Diese Tatsachen zeigen, *wie genau diese Arten alle Einzelheiten ihres Wohngebietes optisch-gedächtnismäßig beherrschen*! In dieser Beziehung leistet der Vogel, zum mindesten diese Arten, wahrscheinlich nicht nur dasselbe, sondern relativ und absolut gegebenenfalls viel mehr als der Mensch. Ich vertrat diese Ansicht seinerzeit hier schon in meinem Aufsatz „Beiträge zum Problem des Vogelzuges und der Orientierung"[2]).

Nach den allgemeinen Erfahrungen scheint es mir übrigens, daß dieses „Bemerken geringer Änderungen" beim Kind weit besser ist als beim Erwachsenen; durch die gewohnterweise häufig in unserer unmittelbaren Umgebung eintretenden kleinen und größeren Änderungen, die zumeist biologisch unwichtig sind, werden wir allmählich in dieser Beziehung „nachlässiger", sie „fallen uns weniger auf" als dem Kinde — und um so mehr wundern wir uns dann, diese feine Beobachtungsgabe beim Tier zu finden! In Wahrheit aber ist eben gerade jener Zustand bei Tier und Kind der „natürliche" im Gegensatz zu dem sekundär geänderten des Erwachsenen, sofern er nicht z. B. als Schiffer oder Jäger etwa diese Fähigkeiten bewahrt bzw. ausgebildet hat.

Halten wir uns gegenwärtig, daß *dies genaue optische Erfassen und geistige Verarbeiten* (auf letzteres kommt es an!) sonach zum mindesten den Rabenvögeln „naturgemäß" ist, so wundern wir uns nicht mehr, gelegentlich Leistungen bei ihnen zu sehen, die *uns* Mühe machen würden, und die wir ihnen daher nicht zutrauen zu können glauben (denn der Mensch glaubt alles selbst am besten zu können!).

Dafür möchte ich das folgende verbürgte, von Herrn FAHLE-Warnemünde, einem vorzüglichen Tierbeobachter, mitgeteilte Beispiel bringen: in einer in Damerow, ca. 3 km bei Rostock lebenden

[1]) Vgl. Psychologische Forschung **VIII**, H. 3—4, S. 336 ff. Verlag Jul. Springer, Berlin.

[1]) Vgl. „Die Vögel Mitteleuropas", S. 256/57. Berlin-Lichterfelde: Verlag H. Bermühler.

[2]) Vgl. Die Naturwissenschaften 1924, S. 1191.

Familie, wurden, wie hier vielfach üblich, zahme Dohlen freifliegend gehalten; diese Dohlen begleiteten die Kinder alltäglich beim Schulweg nach Rostock bis zum in der alten Stadtmauer gelegenen „Kröpeliner Tor", wo über Sommer immer zahlreiche Dohlen wohnen. Dort mischten sie sich unter ihre Artgenossen; sobald aber die Kinder mittags, unter vielen anderen Schulkindern, wieder durchs Tor kamen, flogen die Dohlen zu ihnen herab. Am liebsten sitzen sie auf Schultern oder Kopf ihrer Pfleger, wie ich aus eigener vielfacher Erfahrung weiß; wurden sie nun von anderen Kindern geneckt und gejagt (auch HEINROTH beklagt sich bitter [S. 266] über diese für den Menschen gegenüber dem zahmen Tier stets typische Behandlung), so folgten sie trotzdem fliegend ihren Pflegern nach Haus.

Das Erstaunliche hierbei ist nicht etwa das Wiedererkennen der Kinder an sich unter hundert anderen — das ist für den Vogel und für den, der ihn kennt, eine Selbstverständlichkeit —, aber erschwert ist die Sache hier dadurch, daß während vieler Stunden viele hunderte „Fremde" passieren und dann trotzdem die „Bekannten" sofort *bemerkt* werden.

Wollte der Mensch diese Leistung vollbringen, so müßte er dauernd seine *volle* Aufmerksamkeit nur dieser Aufgabe widmen (vgl. Abholung von Freunden am Bahnhof), dem Tier aber ist dies offenbar viel leichter, weil ihm eben fortgesetzte genaueste Beobachtung *aller* Vorgänge naturgemäß ist!

Ein ganz entsprechender Fall des Wiedererkennens eines bekannten Menschen unter vielen Fremden, ***nur nach dem Gesicht***, ist mir vom Wanderfalk (Falco peregrinus Gm.) bekannt; der bekannte Düsseldorfer Tiermaler RENZ WALLER, gleichzeitig einer unsrer vorzüglichsten Falkner und Raubvogelkenner und -pfleger, hatte drei junge Wanderfalken am Park des Gutes Lohausen bei Düsseldorf im „Wildflug", d. h. die jungen Tiere waren dort dauernd sich selbst in voller Freiheit überlassen und kamen nur zur Fütterung auf die Faust. An einem Sonntag stehen eine große Anzahl Spaziergänger dort auf einem Feldweg und betrachten zwei der Falken, die auf niedrigen Pfählen im Felde aufgeblockt haben. Während die Tiere sonst Sonntags nicht von WALLER, sondern von dem ihnen ebenfalls gut bekannten Gutsförster geatzt wurden, kam an diesem Tag WALLER mit einem Bekannten, der die Tiere sehen wollte, hinaus, aber *in vollkommen ungewohntem hellen Sommeranzug* und mit *anderm Hut* als sonst.

In 200 m Entfernung, während sich die Spaziergänger noch zwischen den Falken und WALLER befinden, bemerkt der eine Falk ihn, steht sofort auf, schlägt einen Bogen um die Fremden und kommt auf die Faust seines Pflegers!

Wesentlich erschwerend ist hier, daß das Tier seinen Herrn trotz der vielen Fremden und *in ganz ungewohnter Kleidung* erkannte! Interessant betr. der individuellen Verschiedenheit der Tiere, daß der andre Falk sich gegen den ungewohnt gekleideten Herrn gleichzeitig anders benahm: er scheute ihn ebenso wie die übrigen Fremden! Selbst das Zureden mit der dem Tier doch bekannten Stimme seines Pflegers half nichts!

Auch die sonst den Tieren an ihrem Pfleger bekannten Attribute, Lederhandschuh und Federspiel, fehlten! Trotzdem erkennt das eine Stück seinen Pfleger in ungewohnter Kleidung und Kopfbedeckung, unerwartet hinter vielen Fremden auftauchend!

Daß der Vogel aber nicht nur menschliche Individuen, sondern auch tierische Individuen gleicher Art sehr wohl zu unterscheiden versteht, dafür ein Beispiel von demselben Gewährsmann: von zwei seiner Falken griff der eine freifliegende Krähen an, der andere nicht. Die Krähen verhielten sich nun immer spezifisch verschieden, je nachdem, ob WALLER mit dem einen oder dem anderen Falken ins Feld kam. Während sie den angreifenden, wenn er ruhig auf dem Erdboden saß, nach kurzer Musterung aus vorsichtiger Höhe mieden, stießen sie unter sonst gleichen Verhältnissen nach ebenfalls entsprechender kurzer Musterung nach dem anderen dicht herab. Beide Falken waren weibliche Vögel, so daß die Krähen auch nicht etwa ein leichtes Unterscheidungsmerkmal in dem hier ja beträchtlichen Größenunterschied zwischen Männchen und Weibchen haben konnten!

Alle diese auf sicherer Beobachtung beruhenden Tatsachen, zu denen von anderer Seite zweifellos leicht weitere Beispiele beigebracht werden könnten, zeigen uns das zum mindesten bei eben diesen Arten, Rabenvögeln und Raubvögeln, fein ausgebildete Unterscheidungsvermögen. Es ist dies biologisch vollkommen verständlich und es wäre viel mehr erstaunlich, wenn exakte Beobachtungen andere Ergebnisse gehabt hätten; es ist aber erwünscht, diese Tatsachen aufzuzeichnen, denn sie fördern uns wieder einen Schritt in der Erkenntnis tierischer Fähigkeiten.

Diesem scharfen Unterscheiden und Erfassen von Dingen, die von uns unter gleichen Umständen unbemerkt bleiben, kommt ein physiologisches Moment zustatten, worin diese Arten wesentlich vom Menschen abweichen: ihr Auge leidet nicht, wie das unsere, unter dem Phänomen der „Blendung" bei Simultankontrasten: nach M. HERTZ (S. 351) vermögen sie unschwer in die uns „dunkel" erscheinenden Fenster einer hell beleuchteten Hauswand hineinzusehen; trotz hellsten Tageslichtes erkennen sie in dunklen Ritzen und Löchern kleinste Insekten usw., also unter Umständen, wo das helladaptierte menschliche Auge dies keineswegs vermag (M. HERTZ, S. 358); sonnen sie sich, so fixieren sie das Sonnenbild (uns überhaupt unerträglich) — und sehen trotzdem ein unter dem dunklen Dachbalken der Käfigwand auftretendes Insekt, das sofort angeflogen und gefangen wird (M. HERTZ, S. 358). Hier liegt also ein ganz

wesentlicher physiologischer Unterschied zwischen Mensch und Vogel, auf dem jene uns unmöglichen Höchstleistungen wesentlich mitberuhen!

Daß diese Eigentümlichkeit biologisch, für den Nahrungserwerb, von größter Wichtigkeit ist, liegt auf der Hand! Interessant ist nun, daß gerade *dunkle* Stellen von vornherein, *ohne individuelle Erfahrung*, besonders beachtet werden: jede dunkle Stelle ist schon beim jungen, unerfahrenen Tier Gegenstand besonderer Aufmerksamkeit, wird bepickt und untersucht (M. HERTZ, S. 357); dies kann ebensogut ein Loch, ein Spalt als auch evtl. nur ein Schatten oder ein Fleck (dunkler Hautfleck, Rostfleck) sein; im letzteren Falle liegt wohl ein „Mißverstehen" seitens des Tieres vor. Aus diesem Grunde, nicht um wehe zu tun, picken die Tiere evtl. ins Nasenloch oder ins Ohr des Pflegers, dessen Gesicht im übrigen von diesen Arten stets „gut" behandelt wird!

Es trifft also zu, daß „eine Krähe der andern nicht die Augen aushackt" — auch wenn diese andere „Krähe" die Pflegerin ist, worauf HEINROTH (S. 261) hinweist. Auch wir haben auf Grund entsprechender Beobachtungen unsere Kinder selbst in allerjüngsten Jahren stets unbedenklich mit unseren zahmen Dohlen allein gelassen.

Das *Gesicht* ist offenbar auch maßgeblich für das *Erkennen* des Pflegers: starker Wechsel in der Kleidung hindert das Erkennen (bei diesen geistig hochstehenden Arten!!) *nicht*, sobald das Gesicht gesehen wird (M. HERTZ, S. 352; HEINROTH S. 262 und oben). Auch untereinander erkennen sich die Vögel (Schwäne nach HEINROTH) am *Gesicht*; sie sind einander also höchstens für uns gleich, wir sehen nur selten die für die Tiere sehr wohl bestehenden individuellen Unterschiede![1])

Somit wird das befreundete Gesicht des Pflegers, wenngleich ein Teilobjekt eines bekannten Ganzen, doch als *besondere Einheit* angesprochen und behandelt; alles, was dazu gehört, wird als Teil dieses „geschätzten" Ganzen, das nur Gutes tut (M. HERTZ, S. 355), vorsichtig behandelt (vermenschlichend würden wir „respektiert" sagen); hierzu teilt HEINROTH (S. 261) mit, daß sein goldener Klemmer im Gesicht als Teil des geschätzten Ganzen von seinen Kolkraben nie angegriffen wurde, „völlig rabensicher war", während er, in die äußere Brusttasche gesteckt, blitzschnell ergriffen und geraubt wurde.

Daß hierbei tatsächlich eine „Bewertung" der verschiedenen Teile eines bekannten Ganzen (des Pflegers) stattfindet, zeigt folgendes: die *rechte* Hand des Pflegers wurde von den Vögeln vollkommen anders behandelt als die linke Hand — auf Grund entsprechender Erfahrungen: die rechte Hand tut ihnen immer Gutes, und von ihr ließen sich die Tiere auch unbedenklich berühren (Vögel schätzen Berührung im allgemeinen nicht!) — die linke Hand hingegen, aus der Erfahrung als „feindlich" bekannt, wird bei jeder Gelegenheit angegriffen; dies bleibt auch, wenn einmal *beide* Hände gleichermaßen „Gutes" tun, also z. B. in genau gleicher Verfassung (ohne Ringe usw.) und genau gleicher Weise Futter reichen (M. HERTZ, S. 356).

Diese Tatsachen sprechen dafür, daß das Tier die *Wirkung* der Behandlung, die es einem Objekt angedeihen läßt, zu beurteilen vermag. Daß dies tatsächlich der Fall ist, zeigt die unterschiedliche Behandlung verschiedenartigen Futters durch die Tiere, wobei allerdings die Kenntnis der erzielten Wirkung auf Grund der Erfahrung gewonnen und die Methode verbessert wird. „Der Rabe (Rabenkrähe) speziell hat mit der Zeit für jede Samensorte eine nur auf diese angewandte Methode von optimalem Erfolge ausgebildet. Das gemeinsame Ziel der verschiedenen Spezialverfahren ist Sauberkeit. Es handelt sich darum, den Kern nach Möglichkeit heil, unzertrümmert, aus der Schale zu befreien" (M. HERTZ, S. 358). Die besterhaltenen Kerne werden nicht sofort verzehrt, sondern versteckt.

Dies Verstecken, das nicht erlernt werden braucht, sondern von den jungen Tieren als artspezifisch ohne Vorbild ausgeführt wird, bietet eine Fülle interessanter Probleme für den Beobachter! Da zeigt sich zunächst, daß gleichartige Dinge selbstredend als solche erkannt und von anderen unterschieden werden: aus gemischt verstreutem Futter wird gleichartiges gemeinsam aufgesucht, Mais zu Mais, Zirbelnüsse zu Zirbelnüssen usw.

Das Versteckte wird bedeckt, ursprünglich und eigentlich so, daß es dadurch ganz unsichtbar wird: die Öffnung wird z. B. mit mehreren Blättern verstopft — evtl. aber auch nur „pro forma", indem ein viel zu kleines Blatt aufgegriffen und schnell übergelegt wurde (M. HERTZ, S. 370) oder eine kleine Weinranke abgepflückt und aufgelegt wird (HEINROTH, S. 254).

Muß ein Nahrungsstück zerkleinert werden, so wird dies evtl. so bewirkt, daß das betreffende Stück festgeklemmt wird; während z. B. Spechte und Kleiber hierbei die Nüsse und Zapfen zwischen Baumrinde einsetzen und nun *von derselben Seite aus* das eingeklemmte Objekt bearbeiten (für sie durchaus „richtig"), gingen Rabe und Saatkrähe

[1]) Deshalb möchte auch nicht unwidersprochen bleiben, wenn Frl. HERTZ (S. 339) sagt: „Doch darf vielleicht nach der morphologischen Identität, die die Individuen einer Vogelrasse — im Gegensatz zu anderen Tiergruppen — untereinander zeigen, vermutet werden, daß auch die psychische Variabilität nicht derart ist, wie es bei einigen anderen Tiergruppen gefunden wurde."

Im Gegenteil! Es besteht, nach obigem, weder diese hier angenommene morphologische Gleichheit bei den Vögeln gleicher Art, noch fehlt die psychische Variabilität. Jeder Pfleger von Raubvögeln weiß, daß genau das Gegenteil zutrifft: jeder dieser Vögel ist eine „Persönlichkeit" mit unendlich vielen, nur eben ihm persönlich eigenen Charakterzügen! Aber diese Korrektur sagt nichts gegen die Vorzüglichkeit der ganzen Arbeit!

Vgl. hierzu auch HEINROTH, S. 258: „Auch die verschiedene seelische Veranlagung der einzelnen Stücke gleicher Art tritt bei den geistig höherstehenden Formen klarer zutage als bei den beschränkten."

anders zuwege: sie stopften den Brocken von der einen Seite in eine geeignete Klemmstelle, z. B. die Wurzeln eines Baumstrunkes, gingen dann „mit entschiedenen Schritten" auf die andere Seite (M. HERTZ, S. 360) und zerren und reißen nun von *hinten* einzelne Stücke ab — *nie* aber von der Seite des Einstopfens! Daß diese Methode hier die „richtige", d. h. naturgemäße und erfolgreiche ist, liegt auf der Hand. Die Art, wie das Tier vom ersten Teil der Handlung (Einstopfen) ohne Zögern und erfolgsicher zum zweiten Teil der Handlung übergeht, zeigt, daß es von vornherein die Kette der bevorstehenden Handlungen kennt, daß es „weiß, was es will".

Wie diese, zeigen noch viele andere Handlungen, daß die Tiere den zu erwartenden Erfolg im voraus (auf Grund vorausgegangener entsprechender Erfahrungen) *kennen:* während sie z. B. anfänglich alles mögliche ins Wasser werfen, behandeln sie später Hundekuchen und Cakes verschieden: jener wurde von der Rabenkrähe langdauernd eingeweicht, diese aber nach wenigen Mißerfolgen (sie lösen sich schnell auf) nur kurz durchgeschwenkt. „Die Dohle kennt das Verfahren nicht. Sie ergreift dagegen gern die Gelegenheiten, der Saatkrähe ihren eingeweichten Hundekuchen aus der Schüssel zu stehlen" (M. HERTZ, S. 361).

Diese Arten gewinnen also auf Grund entsprechender „Erfahrungen" ***Einsicht*** in die Zusammenhänge, sie erkennen Ursache und Wirkung!

Für diese hohe Stufe der Erkenntnisleistung bringt wiederum HEINROTH (S. 263) ein treffliches Beispiel: Seine beiden Kolkraben badeten gern, selbstredend erst der stärkere (Jasper), danach seine schüchternere Schwester (Ralf); saß Jasper nun nach dem Bade, um sich zu putzen und zu trocknen, auf gewohntem Platz in der Nähe (ca. $1^1/_2$ m entfernt), so wurde er oft wieder durch die Spritzer der badenden Schwester benäßt; er reagierte darauf *nicht* durch Weggehen, sondern kam herab und jagte die Schwester aus der Badeschüssel! Er erkannte also in ihr die *Ursache* der ihn treffenden Spritzer! Bei wievielen selbst alltäglichen Ereignissen fehlt selbst dem Menschen diese Einsicht in Ursache und Wirkung — man frage einmal die Mitfahrenden in der Untergrundbahn, *wie* der Wagen angetrieben wird!

Aus der oben erwähnten Gewohnheit des „Versteckens" ergaben sich noch verschiedene Versuche, deren einige hier zum Schluß noch erwähnt seien. Das geschätzteste Futter für die Rabenkrähe waren Zirbelnüsse; die zu harten wurden ihr gelegentlich von Frl. HERTZ im Käfig aufgeklopft; eines Tages wirft die Rabenkrähe bei der außen am Gitter sitzenden Pflegerin eine Zirbelnuß durchs Gitter. Sie erhält die Nuß aufgeklopft zurück und danach ebenso zwei weitere.

Am nächsten Morgen lagen an der gleichen Stelle sechs Zirbelnüsse, die die Rabenkrähe dort durchgesteckt hatte — sie erhielt davon drei Stück aufgeklopft zurück. Am dritten Tag „hatte ich mich kaum an die bekannte Gitterstelle gesetzt, als der Rabe (die Rabenkrähe) hintereinander zwei Nüsse, die in der Nähe lagen, durchsteckte; dann beschäftigte er sich mit anderem, während ich ruhig sitzen blieb. Plötzlich unterbrach der Vogel seine Tätigkeit und blickte suchend um sich. Einmal das eine, einmal das andere Auge gegen den Boden gerichtet (dies ist die typische Bewegung bzw. Haltung beim scharfen Fixieren bzw. aufmerksamen Suchen eines Gegenstandes), durchwandelte er erst den äußeren, dann den inneren Käfig, erstaunlich unzugänglich gegenüber den zahlreichen möglichen Ablenkungen. Ebenso suchend kam er wieder zurück. Diesseits der Zwischentür endlich fuhr er auf sein Ziel los und zog zwei Zirbelnüsse unter einem Holzstück heraus. Beflügelten Fußes — hier wörtlich zu nehmen — eilte er auf mich zu und ließ sie im gleichen Augenblick durch eine beliebige Gittermasche mir gegenüber fallen. Damit war sein Vorrat anscheinend erschöpft" (M. HERTZ, S. 361/62).

Am vierten Tag erhielt der Vogel mit allem möglichen Futter neue Zirbelnüsse. Nach kurzem Fressen „wandte er sich den Nüssen zu und reichte im Verlauf von wenigen Minuten sieben Stück. Sowie er einen Kern erhalten hatte, wandte er sich sogleich wieder zu neuem Suchen, immer mit den freudigraschen Bewegungen völliger Erfolgsicherheit".

Am fünften Tag bringt der Vogel alles, was er noch an Zirbelnüssen in seinen Verstecken hat — beim Platzwechsel der Pflegerin kommt er damit sofort zum neuen Platz. Nach zweitägiger Pause erhält er mit dem übrigen Futter wieder Zirbelnüsse, die Pflegerin entfernt sich aber sofort. Nach zwei Stunden ist, wie gewöhnlich, alles „aufgeräumt". „Ich blieb außerhalb des Käfigs, und wir beschäftigten uns eine Weile mit völlig anderen Dingen. Plötzlich wandte sich der Rabe (die Rabenkrähe) von seinem Platz am Gitter ab, machte kehrt und lief auf dem kürzesten Wege durch die Tür in den inneren Käfigraum, wandte sich hier nach links, beschäftigte sich kurz mit einem Versteck unter dem Schwellbalken und kam mit zwei Zirbelnüssen im Schnabel zurück, die er sogleich durchsteckte. Die Leistung war in jeder Beziehung ausgezeichnet."

Am nächsten Tag bringt er beim entsprechenden Versuch acht Nüsse aus seinen Verstecken.

Diese hübschen Versuche von Frl. HERTZ, die sich sinngemäß an die natürlichen Handlungen des Tieres anschließen, zeigen, erstens, wie leicht Erfahrungen gesammelt und verwertet werden, wie leicht „gelernt" wird. Der Versuch nach zweitägiger Unterbrechung zeigt ferner, wie gut der Vogel solche Erlebnisse im Gedächtnis behält und wie gut er weiß, *wo* die Verstecke liegen und *was* in den einzelnen Verstecken untergebracht ist. Es liegen, wie ich es einmal ausdrücken möchte, also in seiner Vorstellung die gewonnenen Erinnerungs*bilder* der einzelnen Dinge, die er am betreffenden Platz verbarg — er *weiß* es, ohne sie zu sehen!

Günstig fürs Experiment ist hier, daß etwaige Geruchswahrnehmungen, da nicht vorhanden, als sonst mögliche Fehlerquelle ausschalten (vgl. HEINROTH, S. 259).

Daß der Vogel überhaupt die Plätze, *wo* er versteckt hat, wiederfindet, braucht uns bei dem oben besprochenen vorzüglichen Gedächtnis für die räumliche Anordnung aller Teile seiner Umwelt nicht wundern. Daß die Tiere (auch Eichelhäher, Garrulus glandarius L.) draußen im Freien viele ihrer Verstecke *nicht* entleeren, darf nicht etwa, wie es gelegentlich geschieht, *gegen* ihr gutes Ortsgedächtnis angeführt werden — oft werden sie eben ihre „Vorräte" nicht brauchen — manche dann auch vielleicht nach langer Zeit vergessen. Jedenfalls besagt das positive Ergebnis eines so schönen analytischen Experimentes mehr als ein negatives Ergebnis unter unkontrollierten Bedingungen.

Zum Schluß sei noch das Verhalten der Tiere gegenüber dem Schnee erwähnt. Da sie jegliche kleine Änderung in der bekannten Umgebung zunächst als „schrecklich" fürchten, sollte man erwarten, daß die wesentliche Veränderung einer Landschaft durch Schnee sie ebenfalls schrecke. Nach HEINROTH (S. 257/58) war dies bei seinen Kolkraben aber keineswegs der Fall, sondern sie „setzten sich dann zu unserm Erstaunen auf den Schnee, um darin herumzuwühlen, und untersuchten bald alles, was irgendwie aus der Schneedecke hervorragte". Ebenso auch HEINROTHS freifliegende Kraniche und Wildgänse; ein Austernfischer (Haematopus ostralegus L.) hingegen „wagte es nicht, sich auf die frisch beschneite Gegend zu setzen, kreiste lange umher und verflog sich schließlich". Auch die Rabenvögel von Frl. HERTZ scheuten den Schnee nicht, sondern vergnügten sich damit in mannigfachster Weise (S. 393).

Sonach scheinen sich die verschiedenen Arten gegenüber dem großen Erlebnis „Schnee" artspezifisch verschieden zu verhalten — jeweils im Einklang mit ihren übrigen Lebensgewohnheiten. Jedenfalls bleibt das „Nicht-Schrecken" vor einem so einschneidenden Erlebnis und weitgehenden Veränderungen bei Rabenvögeln, die doch sonst so empfindlich in dieser Richtung sind, höchst merkwürdig — für uns! Daß es „zweckdienlich" ist, liegt auf der Hand.

Damit sei diese kurze Betrachtung geschlossen. Der Zweck ist, einmal die Aufmerksamkeit auf diese Probleme und die in den genannten Arbeiten unternommenen Lösungsversuche zu lenken — sie verdienen es!

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Die Feinstrukturkonstante als eine numerische Konstante.

SOMMERFELD hat in seinem Buch „Atombau und Spektrallinien" (3. Auflage) über die Feinstrukturkonstante folgendes: In unserer Theorie der Feinstruktur fließen drei Hauptströme der modernen theoretisch-physikalischen Forschung zusammen: die Elektronentheorie, die Quantentheorie und die Relativitätstheorie. Dies zeigt sich in besonders sinnfälliger Weise in dem Aufbau unserer Feinstrukturkonstanten

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} \qquad (1)$$

Hier ist e der Repräsentant der Elektronentheorie, h der berufene Vertreter der Quantentheorie, c kommt aus der Relativitätstheorie her und charakterisiert diese geradezu gegenüber der klassischen Theorie. Wollen wir auch den Zahlenfaktor 2π in unserer Formel symbolisch ausdeuten, so mögen wir durch ihn an eine vierte Quelle erinnert werden, durch die wir unsere Entwicklungen dauernd gespeist haben: die ausgiebige, zur Entwirrung der Feinstrukturen *unentbehrliche Anwendung der mathematischen Analyse* (S. 640).

Nun hat JEANS in seinem „Report on Radiation and the Quantum Theory" in dem letzten Kapitel (S. 80) die folgenden bedeutsamen Anmerkungen: „The quantity hc, or $\frac{h}{2\pi} \cdot e$, is of the physical dimensions of the square of an electric charge. In point of fact, $\frac{h}{2\pi} \cdot e$, if not exactly equal, is almost equal, to $(4\pi\epsilon)^2$, i. e., to the square of the strength of a tube of force binding two electrons. This suggest that the *atomicity of h may be associated with the atomicity of e*. The atomicity of e will not lead to the quantum theory, otherwise the quantum theory would have been fully developed long ago, but there is, perhaps, a hope *the two atomicities may be special aspects of some principle more general than either of them.*"

Das gibt uns die Beziehung

$$\frac{hc}{2\pi} = (4\pi\epsilon)^2 \qquad (2)$$

oder

$$\frac{e^2}{hc} = \frac{1}{32\pi^2}$$

Demnach haben wir sofort zwischen den Gleichungen (1) und (2) die Beziehung

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} = \frac{1}{16\pi^2} \qquad (3)$$

welche eine reine numerische Konstante ist.

Lucknow, University, den 10. März 1927.

SATYENDRA RAY.

Wirkungsquerschnitt der Gasmoleküle[1]).

Aus der Intensitätsschwächung, die ein durch Gas gesandter Elektronenstrahl bestimmter Geschwindigkeit erfährt, läßt sich der „Wirkungsquerschnitt" der Gasmoleküle gegenüber diesen Elektronen errechnen.

[1]) Vorläufige Mitteilung. Die ausführliche Darstellung erscheint in den Ann. d. Phys.

Hr. RAMSAUER fand, daß der Wirkungsquerschnitt der Edelgase bei Übergang von großen zu immer kleineren Elektronengeschwindigkeiten nach anfänglichem Anstieg ein Maximum erreicht und dann wieder gegen Null abfällt. Die Maxima der Edelgaskurven liegen bei Geschwindigkeiten von der Größenordnung $2 \cdot 10^8$ cm/sec. Eine befriedigende Erklärung dieser Erscheinung ist bisher nicht gefunden.

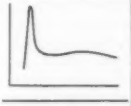
Meine Querschnittsmessungen an H_2, N_2 und HCl und die BRODEschen Messungen an CH_4 ergaben, daß auch für diese Gase Querschnittsmaxima vorhanden sind. HCl und CH_4 zeigten einen edelgasähnlichen Kurvencharakter. H_2 und N_2 hatten (auch voneinander) abweichende Kurventypen.

Ich habe nun nach der RAMSAUERschen Methode eine Reihe chemischer Verbindungen untersucht: CH_4, CO, CO_2, N_2O. Die Betrachtung des dadurch wesentlich erweiterten Versuchsmaterials verfestigte die schon früher von mir ausgesprochene Vermutung:

Der Charakter der Querschnittskurve eines Gases ist im wesentlichen durch den Bau der Außenschale (Anzahl der „Außen"-Elektronen) bedingt.

Bei den Verbindungen sei dabei unter „Außen"-Elektronen kurz die Summe derjenigen Elektronen verstanden, welche bei den Atomen vor Eingehen der Verbindung außerhalb der abgeschlossenen Schalen standen (z. B. bei CO_2: $C \sim 4$, $O \sim 6$, $CO_2 \sim 16$). Es bleibt im einzelnen undiskutiert, in welcher Weise sich diese Elektronen bei der Molekülbildung zu einer Hülle zusammenschließen.

Das unter diesem Gesichtspunkte zusammengestellte Material wird, soweit es unmittelbares Interesse hat, durch folgende Tabelle gegeben:

Kurven-Typ	„Außen"-Elektronen	Untersuchte Gase	Untersucht von
	8	Ar, Kr, X HCl CH_4 (nur angedeutet bei Ne)	RAMSAUER BRÜCHE BRÜCHE, BRODE RAMSAUER
	10	N_2 CO	BRÜCHE, z. T. auch BRODE
	16	N_2O CO_2	BRÜCHE BRÜCHE

Bestätigt sich der durch die Tabelle angedeutete Zusammenhang, so ist damit der erste Gesichtspunkt zum Angriff des ganzen Problems gefunden.

Danzig-Langfuhr, Physikalisches Institut, den 20. März 1927. E. BRÜCHE.

Zum Aufbau der Moleküle.

Durch die Termanalyse der Teilbanden ist ein weitgehender Einblick in den Elektronenaufbau der Moleküle möglich.

1. Insbesondere läßt sich aus den Spektren herleiten, daß die Elektronenimpulse im Molekül so angeordnet sind, daß sie sich paarweise aufheben; mit anderen Worten: Alle Moleküle mit *gerader* Elektronenzahl („gerade" Moleküle) sind *diamagnetisch*[1]). — Bei zweiatomigen Molekülen ergibt sich das so: Die Bahnimpulse l_r und die Eigenimpulse s_r der Elektronen (resp. $\Sigma l_r = l$ und $\Sigma s_r = s$) werden sich in räumlicher Quantelung zur Kernachse einstellen; während die abgeschlossenen Elektronenschalen der beiden Atome in ihrer $n_{l,r}$-Anordnung unverändert bleiben, wird die Anordnung der überschüssigen oder Valenzelektronen eine Änderung erfahren. a) Über die veränderte Lage der Impulse im Molekül geben uns die Termkonstanten ε und σ Auskunft, die den resultierenden Elektronenimpuls senkrecht resp. parallel zur Kernachse darstellen. Sowohl aus Gründen der Symmetrie zur Kernachse wie aus der Termanalyse der Teilbanden geht hervor, daß in allen angeregten Zuständen ($l > 0$) nur σ vorkommt, während ε auf die Werte $\pm {}^1/_2$ der Eigenimpulse beschränkt bleibt (MULLIKEN, Phys. Rev. 1926, S. 1202). Hieraus muß man schließen, daß die Bahnimpulse der Elektronen sich nur in die beiden Richtungen der Kernachse einstellen. b) Besteht das zweiatomige gerade Molekül aus zwei geraden Atomen, so sind nach dem STONERschen Schema immer Paare gleicher Elektronenimpulse vorhanden. Besteht das Molekül aus zwei ungeraden Atomen, so werden die Impulse der beiden überschüssigen Elektronen sich in ihrem Betrag einander angleichen, so daß wir wieder Paare gleicher Elektronenimpulse haben. Da nun die beiden Richtungen der Kernachse gleiche a priori-Wahrscheinlichkeit besitzen, wie man aus Intensitätsbetrachtungen erkennt, ist für den Grundzustand gerader Moleküle immer $l = 0$ zu erwarten. c) Nimmt man für die Einstellung der Eigenimpulse der Valenzelektronen die Gültigkeit der PAULIschen Äquivalenzregel an, so ergibt sich als Grundzustand der geraden Moleküle ein ^1S-Term, gemäß der obigen Behauptung.

2. Auf Grund dieser Gesetzmäßigkeit im Aufbau der Elektronenbahnen des Moleküls läßt sich ein vom Verfasser aufgestellter Wechselsatz der Abschattierung in Bandenspektren erklären (Naturwissenschaften **14**, 981. 1926), welcher aussagt: Rote Abschattierung haben gerade Moleküle, violette Abschattierung ungerade Moleküle, solange man sich auf schwach angeregte Bahnen beschränkt. Denn ähnlich wie im Atom impulslose oder „abgeschlossene" Elektronenkonfigurationen größere Festigkeit besitzen als nicht abgeschlossene, wie man aus der Ionisierungsspannung als Funktion der Nummer der Vertikalreihe des periodischen Systems erkennt, besitzt die impulslose „abgeschlossene" Elektronenkonfiguration des Grundzustandes der geraden Moleküle größere Festigkeit als die nicht abgeschlossene Konfiguration der ungeraden Moleküle. Die größere Festigkeit nämlich zeigt sich darin, daß beim Übergang des Valenzelektrons von einer angeregten Bahn in die impulslose Grundbahn der geraden Moleküle eine Verkleinerung des Kernabstandes und damit rote Abschattierung auftritt; bei ungeraden Molekülen ist es umgekehrt. Diese Angaben werden in einer ausführlichen Darstellung in der Zeitschr. f. Phys. genauer formuliert.

Die quantenmechanische Erklärung dieses gesetzmäßigen Aufbaus der Elektronen im Molekül liegt offenbar in der Symmetrie der Elektronen-Eigenfunktion des Zweizentrenproblems auch bei *ungleichen* Kernen.

Münster i. W., den 29. März 1927. H. LUDLOFF.

[1]) Diese Behauptung ist schon früher auf Grund der vorliegenden magnetischen Messungen im Zusammenhang mit chemischen Betrachtungen von G. N. LEWIS aufgestellt worden. (Trans. Far. Soc. **19**. 1923.)

Chemisch induzierte Kettenreaktion in Chlorknallgas.

Die von BODENSTEIN entdeckte merkwürdige Erscheinung, daß im Chlorknallgas ein absorbiertes Lichtquant bis zu 10^5 HCl-Moleküle erzeugt, hat NERNST durch die Hypothese zu erklären versucht, daß primär eine photochemische Spaltung von Cl_2 in freie Atome eintritt, welche dann nach dem Schema

$$Cl + H_2 = HCl + H$$
$$H + Cl_2 = HCl + Cl \text{ usw.}$$

Kettenreaktionen einleiten. Hiernach wäre zu erwarten, daß auch chemisch freigemachte Cl-Atome, wie sie bei der Reaktion

$$Na + Cl_2 = NaCl + Cl$$

entstehen, die Chlorwasserstoffbildung in Form einer Kettenreaktion einzuleiten vermögen.

Wir haben diese Frage geprüft und das Eintreten der Kettenreaktion bestätigt gefunden. In ein Chlorknallgasgemisch, welches etwa 5 mm Wasserstoff und 0,1 mm Chlor enthielt, wurde ein Wasserstoffstrom hineingeblasen, in dem Natriumdampf von $^1/_{10\,000}$ bis $^1/_{1000}$ mm Partialdruck enthalten war. Es setzte Chlorwasserstoffbildung ein, die stets das Vielfache des Chlornatriumumsatzes betrug und bis zu 200 mal[1]) größer war als dieser. Wasserstoff, dem kein Natriumdampf beigemischt ist, setzt sich bei den verwendeten Versuchstemperaturen von 180 bis 240° C mit Cl_2 nicht um.

Der primäre Chlornatriumumsatz war dabei so klein, daß die Erhitzung des Gases, die er verursachte, nur wenige Grade betragen konnte. Auch die Erhitzung, die durch die Chlorwasserstoffbildung selbst eintritt, erwies sich als belanglos.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.
ST. v. BOGDANDY und M. POLANYI.

[1]) A. L. MARSHALL (Journ. of Phys. Chem. **29**, 1453. 1925) findet in einem Chlorknallgasgemisch von einigen mm Druck etwa 100 Umsetzungen auf ein absorbiertes Lichtquant.

Besprechungen.

Handbuch der physikalischen Optik. Herausgegeben von E. GEHRCKE, Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1926/27. Bd. 1, 1. Hälfte, 470 S. und 223 Abbildungen im Text. Preis RM 40.—. Bd. 2, 1. Hälfte, 417 S. und 166 Abbildungen im Text. Preis RM 37.40.

Das Erscheinen der beiden großen Handbücher der Physik von GEIGER und SCHEEL, im Verlag von Julius Springer und von WIEN und HARMS bei der Akademischen Verlagsgesellschaft, machte eine Neuauflage des veralteten WINKELMANNschen Handbuches illusorisch. Der Verlag Joh. Ambr. Barth hat sich daher entschlossen, an Stelle dieses Handbuches der *gesamten* Physik eine Anzahl Handbücher *einzelner* Gebiete herauszugeben nach dem Muster des schon vor dem Krieg begonnenen und kürzlich beendeten „Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus". Als Fortsetzung dieser Serie erscheint, nachdem vor 2 Jahren das viel begrüßte Handbuch der geometrischen Optik herauskam, jetzt ein „Handbuch der physikalischen Optik", herausgegeben von Prof. Dr. E. GEHRCKE, von dem zwei umfangreiche Teilbände I.1 und II.1 zur Besprechung vorliegen. Anlage und Form entsprechen dem alten WINKELMANNschen Handbuch und der guten Tradition des Verlages: Der klare Druck auf schönem Papier, viele große Abbildungen, übersichtliche Strichzeichnungen und gute photographische Wiedergaben von Apparaten, all das fällt beim ersten Aufschlagen des Werkes angenehm in die Augen. Auch ist wie früher eine sehr weitgehende Parzellierung des großen Gebietes erfolgt, so daß das Titelblatt die stattliche Anzahl von 40 Bearbeitern, teils der Wissenschaft, teils der Technik angehörend, anzeigt. Hierzu scheint etwas Prinzipielles zu sagen erforderlich.

Ich hatte bislang gern die Auffassung vertreten, daß in dem gleichzeitigen Erscheinen mehrerer Handbücher doch ein großer Vorteil liegen könnte: wenn gleiche Gebiete der Physik von verschiedenen Autoren abgehandelt werden, so besteht die Hoffnung, daß nicht nur unvermeidliche Unvollständigkeiten eines Werkes durch ein anderes ergänzt werden, daß die Behandlung des gleichen Stoffes je nach der persönlichen Art und wissenschaftlichen Einstellung der Bearbeiter sehr verschiedenartig ausfallen wird, daß sogar verschiedene Gesichtspunkte programmatisch für die Behandlung gleicher Stoffe verlangt und gebracht werden können — so die Betonung des rein Experimentellen in dem WIEN-HARMSschen Handbuch, welche verhindert, daß in diesem ein Konkurrenzunternehmen zu dem GEIGER-SCHEELschen Handbuch gesehen wird —, daß ferner im Spezialhandbuch der Optik diese auch bezüglich ihrer technischen Anwendungen ausführlicher behandelt werden kann, als wenn sie nur einen Abschnitt aus der ganzen Physik darstellt, daß aber besonders auch durch das vergleichende Studium solcher Bearbeitungen bei dem Leser neue Gesichtspunkte zu übersichtlicher Betrachtung, ja zu neuer wissenschaftlicher Forschung auftauchen. Nun sehe ich aber auch einen Nachteil: daß es offenbar für manche Gebiete nur wenig wirklich sachverständige und schreibbereite Spezialisten gibt. Sind die aber für *ein* Handbuch festgelegt, so bleibt dem zu spät kommenden Redakteur des anderen ja vielleicht nur der Weg, sich mit einer Kraft niederen Ranges zu begnügen und das ist hier leider geschehen, wenn auch — in allerdings katastrophaler Weise — nur in einem Fall: dem Kapitel Spektralanalyse.

Band I, 1. Hälfte. W. DZIOBEK behandelt die „allgemeine Photometrie" (S. 1—64). Man findet zahlreiche Methoden in klarer Darstellung mit guten Figuren und eingehender Literaturangabe, wenn auch letztere nicht vollständig ist. So fehlt in dem Kapitel Astrophotometer (warum nicht „Astrophotometrie"?) doch manches, beispielsweise die Methode von HERTZSPRUNG. Die Angabe, daß Thermosäulen, Radiomikrometer usw. an Empfindlichkeit der lichtelektrischen Zelle unterlegen sind, gilt doch nicht für alle Wellenlängen! Bei der lichtelektrischen Photometrie sind außer GUTHNICK doch auch andere Autoren zu erwähnen. Das ROSENBERGsche Elektromikrophotometer — übrigens wie gezeigt, auch zur Spektrallinienphotometrie verwendbar — ist nicht dadurch ausgezeichnet, daß die Photozelle in „Kompensationsschaltung benutzt" wird, sondern, daß sie als Nullinstrument dient, indem Helligkeitsänderungen des Objektes durch Variation der Dicke eines Schwärzungskeiles kompensiert werden. Bei der Spektralphotometrie gehören zu der Methode von DORGELO u. a. auch die Methoden des Bonner Institutes, zu der Methode von STARK auch die Methode von BREZINA-GERLACH. Vollständigkeit sollte doch gerade das Charakteristicum des Spezialhandbuches sein. Die „Registrierphotometrie" behandelt P. P. KOCH in ganz

kurzer außerordentlich klarer Darstellung (S. 65—72): *die* drei Methoden LANGLEY, KOCH, MOLL. F. AUERBACH bespricht (S. 73—90) die Methoden zur „Messung der Lichtgeschwindigkeit". Es wäre erwünscht, wenn auch die POHLsche als Vorlesungsversuch dienende Anordnung in das Handbuch überginge. Die Lichtgeschwindigkeit in bewegten Medien wird — besonders methodisch — viel zu kurz behandelt, der HARRES-Versuch fehlt z. B. ganz, die neueren Streitfragen um den MICHELSONschen Versuch werden leider nur angedeutet.

Ein sehr charakteristischer Teil des Handbuches ist der Artikel von C. PULFRICH über „Hilfsmittel zur Messung der Brechungsindices" (S. 91—153). Man kennt die Klarheit PULFRICHscher Darstellungen und freut sich an ihr so sehr, daß man die manchmal etwas starke Subjektivität gerne vergißt. Auch didaktisch steht der PULFRICHsche Beitrag auf besonderer Höhe. Aber es gibt doch auch noch andere Methoden als die hier behandelten. Die Brechungsindices in ihrer theoretischen Bedeutung werden von JENTZSCH (S. 154 bis 185), in physikalisch-chemischer Beziehung von J. JAEKEL (S. 186—218) behandelt. Der erste bringt eine gute Übersicht über das sehr große Gebiet, der zweite eine größere Anzahl von Tabellen mit besonderer Betonung des optischen Glases. Beide Artikel dürften wohl etwas ausführlicher und tiefergehend sein. So wären z. B. bei JENTSCH neben der Angabe der Absorption von Krystallen im Ultrarot gleiche Tabellen oder Figuren für das Ultraviolett erwünscht. Auch die neu gemessenen Brechungsexponenten für Röntgenstrahlen gehören unbedingt zu einer Diskussion der Dispersionsgesetze.

Die „Dioptrik in Medien mit kontinuierlich variablem Brechungsindex" behandelt R. STRAUBEL (S. 219 bis 236), A. BEMPORAD und F. WÜNSCHMANN bearbeiten die „astronomische und terrestrische Strahlenbrechung" (S. 237—281), E. VAN EVERDINGEN die Anomalien derselben (S. 282—292). Es folgt die „Extinktion des Lichtes in der Erdatmosphäre" von BEMPORAD und WÜNSCHMANN. In dem experimentellen Teile vermißt man manche der neueren Arbeiten, z. B. dürfte die Frage der Ozonabsorption und dergleichen hier eingehend behandelt sein, ebenso wie die experimentellen Untersuchungen über die Absorption in den roten und ultraroten Wasserdampfbanden als Funktion der Schichtdicke u. dgl. mehr.

Den Schluß des ersten Teiles bildet der große Artikel von W. FEUSSNER und L. JANICKI über „Interferenz". Die theoretischen Fragen sind in der gewöhnlichen klassischen Form behandelt. Neuere Fragen, die in Beziehung zur Quantentheorie stehen, werden von den Verfassern (wohl mit Absicht) nicht gebracht, doch hätte z. B. der SCHRÖDINGERsche Interferenzversuch auch ohne seine Beziehung zur Lichtquantentheorie Interesse. Die eingehende Behandlung außerordentlich zahlreicher Interferenzphänomene ist sehr klar und instruktiv. Anwendungen der interferometrischen Methoden sind nicht gebracht: das MICHELSONsche Sterninterferometer vermißt man. Da auch in dem PULFRICHschen Artikel die interferometrischen Brechungs- und Dispersionsbestimmungsmethoden und ihre zahlreichen Anwendungen nicht behandelt werden, fehlen sie voraussichtlich in dem Handbuch. Bemerkenswert ist bei dem Artikel FEUSSNER-JANICKI die Angabe interessanter historischer Tatsachen, sowie mancher spektralanalytischer Hilfsmittel und das ausführliche Literaturverzeichnis, das oft Hinweise auf benachbarte Gebiete enthält. Etwas sehr kurz ist aber die doch wichtige Frage der Kohärenzfähigkeit behandelt. Das Kapitel auf S. 328, 329 ist nicht sehr glücklich abgefaßt. Ausdrücke wie „Ausschläge der Ätherteilchen" dürften wohl heute durch passendere ersetzt werden können!

Band II, 1. Hälfte. Dieser Band beginnt mit einer ausgezeichneten Arbeit über „die chemische Wirkung des Lichtes" von K. F. BONHOEFFER (S. 1—18). Der Text ist sehr knapp, aber völlig ausreichend, dankenswert die Tabelle der quantentheoretisch geprüften Reaktionen. Die chemischen Wirkungen des Röntgenlichtes sind nur einmal in einer Anmerkung enthalten. Referent meint, daß man die Röntgenstrahlen — wenigstens in solchen Zusammenhängen — doch heute auch zur physikalischen Optik rechnen muß.

W. MEIDINGER behandelt die Bromsilberplatte recht ausführlich (S. 19—57) (gibt u. a. auch technische Rezepte), kurz auch das Verhalten der Platte gegen Röntgenstrahlen. Dagegen wird die quantentheoretische Frage des Äquivalenzgesetzes nur gestreift. Es wäre nach Erachten des Referenten nötig gewesen, daß diese wichtigen Untersuchungen (EGGERT, NODDACK, WEIGERT) im Artikel BONHOEFFER behandelt worden wären. Auch fehlt eine Diskussion der FAJANS-FRANKENBURGERschen Arbeiten, ebenso wie die Besprechung älterer und neuerer Untersuchungen von P. P. KOCH an einzelnen Bromsilber*körnern*, wenn auch das Kapitel eigentlich nur über die Bromsilber*platte* handelt. Es folgt sodann (S. 101—184) „die Spektralanalyse" von E. EINSPORN. Ich bitte um Entschuldigung — aber es ist mir unverständlich, wie dieser Abschnitt in das Handbuch geraten ist. Glücklicherweise ist er nicht so sehr lang, so daß die Fehler wenigstens der Zahl nach beschränkt sein müssen. Von Stil, Unklarheiten und Unvollständigkeiten ist gar nicht zu sprechen. Zur Begründung sollen wenigstens einige Beispiele gegeben werden. S. 117. Besprechung der Spaltbreitenkorrektion: „PASCHEN formulierte das Problem des erhaltenen Spektrums auf das vollkommen reine durch einen unendlich schmalen Spalt zu erzielende". S. 133. Das Bolometer soll „Wärme durch Strahlung in die Stromzuführung" abgeben, „das Vakuum vermeidet die Ausstrahlung des Bolometers". Die Auswahl über den „spektralen Charakter" der Elemente S. 158ff. enthält folgende Sätze „Kalium besitzt außer einem schwachen kontinuierlichen Spektrum zwei charakteristische Linienpaare, eine helle Doppellinie im roten und ein schwächeres Paar 4047 und 4044 Å.-E.". Das ist alles! Die meisten Literaturangaben zu diesem Gebiet stammen aus den Jahren 1860—1911. PASCHEN-GÖTZE u. a. sind nicht angegeben. S. 178 wird von Untersuchungen von FRANCK und CARIO über das „Emissionsspektrum des flüssigen Sauerstoffes" gesprochen. Dies möge genügen.

Recht ausführlich ist die Besprechung der „Feinstruktur der Spektrallinien" von G. HANSEN (S. 185 bis 227). Es werden die Methoden zur Untersuchung der Feinstruktur (Interferometer eingehend besprochen, einige Methoden zur Analyse von Interferometeraufnahmen angegeben und neuere Fragen über mögliche quantentheoretische Deutungen der Feinstrukturen referiert. Hervorragend gut erscheint der sehr umfangreiche Artikel von R. TOMASCHEK über „Phosphorescenz, Fluorescenz und chemisches Reaktionsleuchten". (S. 229—358.) Er behandelt Anregung und Emission der Phosphore, die LENARDschen Gesetze (Lichtsumme u. dgl.), die Linienresonanz, die Scintilation, das Leuchten bei chemischen Reaktionen und das Leuchten von Lebewesen.

„Die Anregungsspannungen von Spektrallinien und Ionisierungspotentiale" behandelt E. EINSPORN (S. 359—383). Schön ist auch dieser Artikel nicht.

Einige direkte Fehler sind in ihm enthalten, z. B. schon gleich die Angabe im Einleitungsabschnitt, daß die Elektronen unterhalb der kritischen Anregungsspannung ein Gas ungestört geradlinig durchdringen. Von Methoden sind nur die beiden ersten primitivsten angegeben. Von den wichtigen Methoden zur Unterscheidung von Strahlung und Ionisierung findet man nichts. Ausführlich sind hier die Tabellen über die Ergebnisse, begrüßenswert die Diagramme analysierter Spektren.

K. W. MEISSNER, Frankfurt a. M., behandelt S. 384—418 die Seriengesetze der Linienspektra. Eine Würdigung des Inhaltes nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten erübrigt sich, für seinen Wert bürgt der Name des auf serienspektroskopischem Gebiete seit Jahren erfolgreich tätigen Verfassers. Darüber hinaus werden viele dem Verfasser dankbar sein, daß er es einmal übernommen hat, Wesen und Theorie der Spektralserien ab ovo bis zu dem heutigen Stande der Forschung so darzustellen, daß jeder, auch der Neuling, die zum Studium der Originalliteratur erforderlichen Grundlagen sich aneignen kann. Es wird die Entstehung der Serienforschung und der Serienbezeichnung gegeben; die von PASCHEN und von SAUNDERS gebrauchten Symbole, die modernen Bezeichnungen (besonders von LANDÉ und SOMMERFELD) werden zum Teil tabellarisch neben einandergestellt. Die verschiedenen Methoden zur graphischen Darstellung der Spektren und der Serien (z. B. BOHR, GROTRIAN, MADELUNG) sind an verschiedenartigen Diagrammen des gleichen Spektrum erklärt, es werden die Entstehung und die Form der Multipletts, die Intensität- und Intervallregeln und die Zusammenhänge zwischen Multiplettstruktur und periodischem System der Elemente in knapper Form behandelt mit gelegentlichen Hinweisen auf die moderne Theorie. Wie MEISSNER dies alles in klarer ansprechender so recht zum Erlernen geeigneter Darstellung auf gerade zwei Bogen fertigbringt, zeigt nicht nur, wie er das Gebiet beherrscht; es ist ein wahres didaktisches Kunststück.

Bezüglich einer Frage, welche die Herausgabe des ganzen Handbuches betrifft, sei noch eine kritische Bemerkung gemacht. Die Literaturangaben lassen sehr viel an Exaktheit zu wünschen übrig. Vielfach fehlen Jahreszahlen oder Bandnummern oder Seitenzahlen. Gerade bei einem Handbuch sollte das nicht vorkommen.

Der Referent hat die beiden Bände eingehend durchgesehen. Hat er sich daher in seiner Besprechung erlaubt auf alles das, was ihm aufgefallen ist, hinzuweisen, so geschieht dieses nicht aus Freude an der Kritik, sondern aus Interesse an dem ganzen Werk. Gerade weil dem Referenten manches besonders gut gefallen hat, wünscht er im Interesse des Handbuches, daß alles gut sein möge. Denn die Neuherausgabe dieses Teiles des WINKELMANNschen Handbuches hat für die Physik dann und nur dann Bedeutung, wenn sie auf wirklicher Höhe gehalten wird.

Die physikalische Optik wird noch lange eines der wichtigsten Forschungsgebiete der Physik sein, gerade weil viele Gebiete derselben heute in der Tat durch den Dualismus von Wellenoptik und Quantenoptik eine große „Unausgeglichenheit" zeigen, wie der Herausgeber in seinem Vorwort schreibt. Es wird heute kein Physiker ein höheres Ziel kennen, als das, hier einmal tiefe Einsicht und Klarheit zu finden; aber „daß auch in der Physik die Epoche der Revolutionen mit Sturm und Drang von mathematisch unstetigen Quantensprüngen und Abschaffung des Energieprinzipes wieder *ruhigeren* und *nüchternen* Zeiten weichen soll" — wünscht wenigstens der Referent nicht.

WALTHER GERLACH, Tübingen.

SCHRÖDINGER, E., **Abhandlungen zur Wellenmechanik.** Leipzig: J. A. Barth 1927. IX, 139 S. und 12 Abb. 15 × 23 cm. Preis geh. RM 5.70, geb. RM 7.20.

In den weniger als zwei Jahren seit dem Bestehen der Quantenmechanik — der Theorie, die in weiterer Verfolgung des von PLANCK, EINSTEIN, BOHR gewiesenen Weges zu einer vollständigen und exakten quantitativen Beschreibung der quantenphysikalischen Erscheinungen zu gelangen sucht — ist, durch alle verschiedenen physikalischen Zeitschriften verstreut, eine schon fast unübersehbar gewordene Literatur darüber entstanden. Jeder, der in dieses heute schon allein durch seine Ausgedehntheit schwierige Gebiet eindringen will, wird die Erleichterung zu schätzen wissen, die ihm dadurch geboten wird, daß einige der allerwichtigsten, grundlegenden Beiträge zur Quantenmechanik hier zu einem kleinen Buch zusammengefaßt erscheinen.

Das Buch enthält der Reihe nach: SCHRÖDINGERS erste und zweite Mitteilung über „Quantisierung als Eigenwertproblem", die (in dieser Zeitschr. erschienene) Note „Der stetige Übergang von der Mikro- zur Makromechanik", die Abhandlung „Über das Verhältnis der HEISENBERG-BORN-JORDANschen Quantenmechanik zu der meinen" und endlich die dritte und vierte Mitteilung über „Quantisierung als Eigenwertproblem". Dem Ganzen ist eine „sachlich geordnete Inhaltsangabe" vorausgeschickt, die kurz über Grundgedanken und Ergebnisse der Untersuchungen berichtet. Nicht mehr in das Buch aufgenommen sind die beiden letzten Arbeiten SCHRÖDINGERS, die den Comptoneffekt und Probleme der freien Ausstrahlung der Atome (zum Teil im Anschluß an die Arbeit von W. GORDON) erörtern; vielleicht darf man hoffen, diese beiden Arbeiten in einem späteren zweiten Bande wiederzufinden.

Die erste der sechs Abhandlungen des Buches bringt den Ersatz der klassisch-mechanischen Bewegungsgleichungen für das Wasserstoffatom durch eine gewisse Wellengleichung; in Fortführung und Vertiefung der Ansätze von DE BROGLIE wird ein Wellensystem an Stelle des corpuscularen Elektrons eingeführt, und es zeigt sich, daß die möglichen DE BROGLIEschen Frequenzen dieses Wellensystems genau den quantentheoretisch möglichen Energiewerten des Wasserstoffatoms (Balmerterme und kontinuierlich variable Ionisierungsenergie) entsprechen. Die Amplitudenfunktion der DE BROGLIEschen Wellen wird berechnet. Die zweite Abhandlung bespricht ausführlich die HAMILTONsche Analogie zwischen Mechanik und Optik in ihrer Bedeutung für die Quantenmechanik und bringt anhangsweise einige weitere durchgerechnete Beispiele der „Undulationsmechanik". In der dritten erläutert SCHRÖDINGER an einem speziellen Beispiel seine Vorstellung der „Wellenpakete", durch welche er die materiellen Korpuskeln undulatorisch deuten möchte. Die vierte Abhandlung bringt eine allgemeine Darstellung der SCHRÖDINGERschen Theorie und beweist ihre mathematische Äquivalenz mit der „Matrizentheorie". Die folgende sehr umfangreiche Abhandlung gibt ein eindrucksvolles Bild von der Leistungsfähigkeit der von SCHRÖDINGER entwickelten Methoden. Hier wird zunächst die Störungstheorie der Undulationsmechanik entwickelt. Dann wird der Starkeffekt des Wasserstoffatoms ausführlich untersucht. Der früher aufgedeckte Zusammenhang der SCHRÖDINGERschen Schwingungsfunktionen mit den HEISENBERGschen Matrixkomponenten macht es möglich, auch die Intensitäten und die Polarisationen in den Aufspaltungsbildern theoretisch abzuleiten. Die letzte Abhandlung

endlich behandelt die allgemeine Theorie von Systemen, deren Energiefunktion explizit von der Zeit abhängt, und ihre Anwendung zur Ableitung der LADENBURG-KRAMERSchen Dispersionsformeln. Ferner wird die wellentheoretische Umdeutung der relativistischen Mechanik erörtert.

Es scheint überflüssig, über die Bedeutung der SCHRÖDINGERschen Abhandlungen hier viel Worte zu verlieren. Die von SCHRÖDINGER gemachten Entdeckungen gehören zu den wichtigsten Teilen der mathematischen Theorie der Quantenmechanik. Wer mit den Grundlagen dieser Theorie bekannt werden will, wird wieder und wieder die SCHRÖDINGERschen Arbeiten studieren müssen.

Freilich sollten diese SCHRÖDINGERschen Arbeiten dem *Anfänger* nicht in die Hand gegeben werden ohne einen nachdrücklichen Hinweis auf die schwerwiegenden Unterschiede zwischen den von der Mehrzahl der Physiker angenommenen quantentheoretischen Überzeugungen und denjenigen physikalischen Vorstellungen, die SCHRÖDINGER als Leitgedanken seiner mathematischen Untersuchungen benutzt hat. Der Ursprung dieser Unterschiede liegt, kurz gesagt, darin, daß SCHRÖDINGER seine Ergebnisse eigentlich *nicht* zu einer Fortführung der Gedanken von PLANCK, EINSTEIN, BOHR benutzen möchte. Diese Forscher hatten physikalische *Unstetigkeiten, Quantensprünge* usw. in die Theorie eingeführt — also Begriffe, die in keiner Weise durch Modelle aus dem Gedankenkreis der klassischen Mechanik zu erklären waren. Der ausdrückliche Verzicht auf eine Zurückführung der quantenmechanischen Gesetze auf klassische Begriffe war dann von HEISENBERG bei seinen Aufstellungen besonders betont worden. SCHRÖDINGER hat nun, wie gesagt, im Anschluß an DE BROGLIE die Möglichkeit entdeckt, aus einem gewissen, in einfacher Weise zu konstruierenden Wellensystem die physikalischen Eigenschaften eines quantenmechanischen Systems abzulesen. Während aber die Mehrzahl der Physiker der Ansicht ist, daß diese Darstellung der physikalischen Eigenschaften des Systems von ebenso symbolischer Bedeutung ist wie die matrizentheoretische Darstellung (mit der sie mathematisch äquivalent ist) — und daß sie, wie diese, lediglich dazu verhelfen kann, die möglichen Quantensprünge des Systems und ihre Wahrscheinlichkeiten bei verschiedenen Arten äußerer Einwirkungen quantitativ zu übersehen — hat SCHRÖDINGER selbst versucht, seine Ergebnisse nicht zur quantitativen Verschärfung, sondern zur *Überwindung* der BOHRschen Theorie zu benutzen: er hat dem Wellensystem, das einem quantenmechanisch bewegten Teilchen zuzuordnen ist, eine echte Realität im klassischen Sinne zugeschrieben; der Ersatz der Corpuscularvorstellung durch die Wellenvorstellung sollte genügen, um die Annahme von „Quantensprüngen" ganz entbehrlich zu machen; das Wellensystem sollte ein vollständiges, ganz klassisch und ganz kausal funktionierendes Modell eines Atoms geben. Dieser Standpunkt hat nicht nur in grundsätzlichen Fragen zu Vorstellungen veranlaßt, die außerhalb jeder Verbindung mit den BOHRschen quantentheoretischen Vorstellungen stehen (z. B. die „Wellenpakete" und SCHRÖDINGERS Erklärung der Strahlungslosigkeit des Grundzustandes), sondern auch in speziellen Fällen zu der Annahme *empirisch prüfbarer Abweichungen* von der BOHRschen Theorie geführt. Zum Beispiel: Seien A, B, C (in dieser Reihenfolge) die tiefsten Zustände eines Atoms. Unerregte Atome (in A) sollen durch schwache Zustrahlung in geringer Menge nach C gebracht werden. Dann liefern die angeregten Atome nach BOHR: Ausstrahlung der Frequenzen CA, CB mit Intensitäten entsprechend den Übergangswahrscheinlichkeiten $C \to A$, $C \to B$; dagegen nach SCHRÖDINGER: *Praktisch nur* Ausstrahlung der Frequenz CA, sofern nicht auch eine merkliche Ansammlung von Atomen im Zustand B eingetreten ist. (Daraus folgt übrigens, daß man auf Grund der SCHRÖDINGERschen Auffassung die bekannte EINSTEINsche Ableitung des PLANCKschen Gesetzes verwerfen müßte.)

Der Umstand, daß dieser im eigentlichen Sinne *physikalische* Inhalt der Abhandlungen wenig allgemeine Zustimmung gefunden hat, vermag freilich nicht die grundlegende Bedeutung zu beeinträchtigen, welche sie für die Entwicklung der modernen physikalischen Theorie gewonnen haben: SCHRÖDINGER hat eine der wichtigsten und unentbehrlichsten mathematischen Entdeckungen gemacht, welche nötig waren, um die tiefsinnigen Gedanken BOHRS und HEISENBERGS zu voller Fruchtbarkeit zu entfalten. Alle Physiker werden es mit Freuden begrüßen, daß das Studium dieser Entdeckung durch die Herausgabe dieses Buches so sehr erleichtert wird.

P. JORDAN, Göttingen.

BONGARDS, H., **Feuchtigkeitsmessung.** München und Berlin: R. Oldenbourg 1926. VII, 322 S., 126 Abbild. und 2 Taf. 17 × 25 cm. Preis geh. RM 17.—, geb. RM 19.—.

Das Erscheinen eines zusammenfassenden Werkes, wie des vorliegenden, wird man immer begrüßen, da der Verfasser ein für allemal eine weit verstreute Literatur in eine leicht greifbare, übersichtliche Form gebracht hat und dadurch anderen Fachgenossen die mühevolle Arbeit des Zusammensuchens erspart. Die Anregung zur Arbeit gaben Anfragen vor allem aus industriellen Kreisen. Dies ist auch für die Ausführung bestimmend gewesen, die die Anwendung der Feuchtigkeitsmessung in der Technik besonders berücksichtigt.

Ein in leicht verständlicher Darstellung gehaltener Abschnitt, der als Einführung gedacht ist, soll den Leser zunächst mit der Physik der Gase und Dämpfe bekannt machen. In dem dann folgenden Hauptteil werden sowohl ältere, jetzt nur noch historische Bedeutung besitzende, als auch die neueren Methoden ausführlich besprochen und teilweise auch kritisch gewürdigt. An die Betrachtung über die verschiedenen Haarhygrometer schließen sich eingehende Erörterungen der experimentellen Untersuchungen über das Verhalten des Haares, sowie der Verfahren zum Eichen und Prüfen von Haarhygrometern. Bemerkenswert sind auch die Mitteilungen von Versuchen, die sich mit dem Bau und Eigenschaften der Faserstoffe befaßten und die hygroskopischen Längenänderungen von Fasern erklären sollen.

Trotzdem unbedingte Vollständigkeit in der Behandlung des Stoffes nicht erreicht werden konnte, wird das Buch sowohl dem Meteorologen, als auch dem Ingenieur ein recht brauchbares Hilfsmittel bei entsprechenden Arbeiten sein. Ein Schriftennachweis erleichtert weitere Forschungen. Gute Abbildungen und graphische Darstellungen unterstützen überall zweckmäßig die textlichen Ausführungen.

K. KNOCH, Berlin.

Biologische Mitteilungen.

Die Wärmeproduktion des Nerven. (A. C. DOWNING, R. W. GERARD und A. V. HILL, Proc. of the roy. soc. Ser. B Bd. 100, Nr. B. 702, S. 223–251. 1926.) Die vorliegende Arbeit ist ein bewundernswertes Meisterwerk experimenteller Technik, mit der den Autoren die Messung der im Froschnerven während und nach einer tetanischen Erregung freiwerdenden Wärmemengen gelungen ist.

Die sehr detailliert mitgeteilte Methodik kann in einem Referate nicht in extenso wiedergegeben werden. Als Galvanometer diente bei den entscheidenden Versuchen ein Spulengalvanometer (Type von AYRTON und MATHER). Empfindlichkeit bei 3 m Distanz: 1 mm $= 4{,}8 \times 10^{-10}$ Amp. Das Galvanometer mußte auf einen $1^1/_2$ m unter dem Kellerniveau fundierten 3 t schweren Sockel und auf diesem wieder in ein Quecksilberbad gestellt werden, in dem es auf einer beschwerten Glasplatte auf Wattepolstern auflag, um es gegen mechanische Erschütterungen zu sichern. Komplizierte Panzerungen des Galvanometers (wobei auf die Vorzüge einer neuen Legierung „Mumetal" der Gutta-Percha-Company aufmerksam gemacht wird) und andere Schutzvorrichtungen gegen elektrische und magnetische Störungen (London!). Der von dem 0,05 mm dicken Spiegel dieses Galvanometers reflektierte Lichtstrahl fiel auf ein „Thermo-relay" (nach MOLL und BURGER, Firma Kipp, Delft). Dieses Relay besteht aus einem Thermoelement, geschwärzte Constantan-Manganin-Constantandrähte von 0,001 mm Dicke in vacuo. Fällt der Lichtstrahl auf die Mitte des zentralen Manganindrahtes, so werden beide Lötstellen gleichmäßig erwärmt, es entsteht kein Thermostrom, sobald aber infolge einer leisen Drehung des Galvanometerspiegels der Lichtstrahl das Thermo-relay asymmetrisch trifft, entsteht ein Thermostrom, den die Verff. an einem zweiten, rasch reagierenden Galvanometer beobachten. Durch dieses Thermo-relay stieg die Empfindlichkeit des Systems auf 1 mm $= 2 \times 10^{-12}$ Amp. Die Thermosäulen bestanden aus 3 oder 4 paraffingetränkten keilförmigen Elfenbeinstücken, die in einem Hartgummilager so aneinanderlagen, daß die auf 1 mm Breite abgestumpften Kanten der Elfenbeinprismen eine Rinne bildeten, in welche die Nerven gelegt wurden. Um jeden der Keile war Constantandraht (0,04–0,06 mm stark) gewickelt (etwa 7 Windungen pro Millimeter), und dieser Constantandraht wurde auf einer Seite des Keiles galvanisch versilbert, so daß die „warmen Lötstellen" an der Kante, die „kalten Lötstellen" an der Basis der Keile lagen. Die Thermoelemente der 4 Keile waren hintereinandergeschaltet (250 Paare mit 170 Ω Widerstand bzw. 400 Paare mit 700 Ω). Isolation durch Schellacklagen, die durch einen Paraffinüberzug vor der Feuchtigkeit der Nerven geschützt waren. Prüfung der durch die Reizströme selbst etwa bedingten Erwärmung an abgetöteten Nerven. Die Thermosäulen mit den Nerven, Reizelektroden und den Ableitungselektroden für die Aktionsströme steckten in einer weiten, mit einem Gummistopfen verschlossenen Eprouvette und diese in einer DEWARschen Flasche. Durch einen Vergleich mit Galvanometerkurven, welche bei bekannter Erwärmung toter Nerven erhalten wurden, lassen sich die am lebenden Nerven beobachteten Ausschläge eichen, so daß 1 mm Ablenkung am Galvanometer unmittelbar in absoluten Wärmeeinheiten ausgedrückt werden kann. Streuung bei verschiedenen Versuchen unter 10%.

Die Wärmeproduktion pro Gramm Nerv und Sekunde Reizdauer liegt zwischen 5,5 und 10×10^{-6} cal. (Mittel: $7{,}6 \times 10^{-6}$ cal.). Die kleinsten Werte stammen meist von älteren Nerven. An dieser Wärmebildung haben die Reizströme selbst sicher keinen Anteil, denn eine unter gleichen Versuchsbedingungen 4 Minuten lang fortgesetzte Reizung toter Nerven (Abstand der Reizelektroden von der Thermosäule = 2 cm) läßt im Bereiche der Thermosäule keine Erwärmung nachweisen (Quer- und Längs-Ohm-Widerstand des lebenden und des toten Nerven sind identisch). Auch andere sorgfältige Kontrollen beweisen, daß die beobachtete Wärmebildung ausschließlich auf den Erregungsvorgang im Nerven zu beziehen ist. Wird ein toter Nerv mittels elektrischer Heizung 1 Sekunde lang erwärmt, so erreicht das Galvanometer seine maximale Ablenkung nach 8,5 Sekunden (Trägheit des Instrumentes) und ist nach 90 Sekunden in die Nullage zurückgekehrt. Wird ein lebender Nerv tetanisch gereizt, so kehrt das Galvanometer erst nach mehreren Minuten in die Nullage zurück, bei 15° etwa nach 10 Minuten. Eine scharfe Trennung zwischen initialer Wärmebildung und der Erholungswärme ist vorläufig beim Nerven nicht möglich, wohl aber ist eine solche Trennung schon an den bisher erhaltenen Kurven angedeutet. 90% der gesamten bei der Erregung des Nerven freiwerdenden Wärme werden erst nach Schluß der Reizung frei; während 1 g Nerv pro Sekunde während der Reizung $7{,}6 \times 10^{-6}$ cal. liefert, beträgt die Gesamtwärme (incl. der Erholungswärme) pro Gramm und 1 Sekunde Reizdauer im Mittel $6{,}9 \times 10^{-5}$ cal. Nimmt man an, daß diese Wärme aus der Verbrennung von Kohlenhydraten stammt, so wäre eine CO_2-Bildung von 0,0008 ccm pro Gramm Nerv und pro Minute zu erwarten, ein Wert, der mit dem von PARKER beobachteten (0,0006 ccm) sehr gut übereinstimmt. Weniger gut stimmen die Befunde mit den spärlichen bisher vorliegenden Angaben über den O_2-Verbrauch der Nerven überein. Die Energie des Aktionsstromes kann nur 0,1–1% der Wärmebildung ausmachen. Eine Überschlagsrechnung ergibt, daß bei der Annahme einer Erregungsleitung im Nerven nach dem Schema des LILLIESchen Modells entweder nicht die ganze Oberfläche der Nervenfaser am Leitungsvorgang beteiligt sein kann, oder daß dieser Vorgang — wenn sich die ganze Faseroberfläche an ihm beteiligt — mit einem auffallend niedrigen Energieverbrauch einhergeht. (Aus den Berichten über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie, Bd. 39, H. 1/2.)

BRÜCKE.

Untersuchungen über die Schmerzempfindlichkeit unserer Haustiere. (FELICIANO BONIFAZI, Riv. di biol. Bd. 8, H. 3, S. 376–388. 1926.) CENCELLI (Rivista di biologia 1, 91. 1919) berichtete, daß Kreuzungen von Maremmenpferden mit irländischen Rassen gute Fohlen ergaben, die jedoch nach der Entwöhnung bald zu kränkeln begannen und auch bei bester Pflege nicht gediehen. Die Obduktion ergab ungeheuren Befall mit Gastrophiluslarven bei sämtlichen Bastarden, während die einheimischen Maremmenpferde in demselben Lokal viel weniger darunter litten. Bei den Bastarden erwies sich nun der Hautmuskel, der das Fell erzittern macht und die Fliegen wegscheucht, als ungewöhnlich schwach ausgebildet, was FOGLIATA bestätigte. So entstand der Verdacht, die Schmerzempfindlichkeit möchte parallel der Ausbildung des Hautmuskels über die Körperoberfläche abgestuft sein, und das ist denn auch das Ergebnis der Beobachtungen des Verf. an

Rindern, Pferden, Schweinen und Hunden. Er stach diese Tiere mittels des Algesimeters von BELLONI, einer Nadel, die durch Druck in die Haut eingesenkt werden kann und die Tiefe des Eindringens auf einer Kreisskala mit den Marken 50 (kein Eindringen) bis 0 (tiefstes Eindringen) anzeigt. Je tiefer also die Nadel eingestochen werden muß, um eine Abwehrreaktion hervorzurufen, um so kleiner die abgelesene Zahl; je höher die Zahl, um so größer die Schmerzempfindlichkeit. Übereinstimmend ergab sich bei Pferden, Rindern, Schweinen und Hunden die größte Schmerzempfindlichkeit seitlich oben auf dem Rumpfe, dort, wo der Sattel das Pferd berührt, und hier ist bei allen 4 Spezies der Hautmuskel am dicksten. Umgekehrt waren dort überhaupt keine Reaktionen auszulösen, wo der Hautmuskel so gut wie gänzlich fehlt, nämlich auf der Schulter von Schwein und Hund. Sehr schwach ist er bei beiden auf dem Kreuz und den Hinterbacken ausgebildet, und dort wurden die geringsten Empfindlichkeiten gemessen (0,1—2). Die größten Empfindlichkeiten waren 38 (Pferd), 36 (Rind), 30 (Schwein) und 26 (Hund), womit also gleichzeitig die Stufenfolge der Spezies hinsichtlich ihrer Schmerzhaftigkeit gegeben wäre. Weitere Unterschiede ergaben sich mit dem Alter (junge Tiere empfindlicher als alte), dem Geschlecht (erwachsene ♂♂ bei Pferd und Rind empfindlicher, als erwachsene ♀♀, umgekehrt bei Schwein und Hund sowie bei ganz jungen Pferden und Rindern; gravide ♀♀ besonders unempfindlich, kastrierte ♂♂ halten die Mitte zwischen ♂♂ und ♀♀), der Außentemperatur (je höher, um so empfindlicher), der Rasse (z. B. kurzhaarige Hunderassen empfindlicher als langhaarige), endlich dem Temperamente. Zur Methodik bleibt zu sagen, daß wir nicht genug über die Anzahl der Proben und die Variabilität ihrer Ergebnisse erfahren, um ein Urteil über die Verläßlichkeit der Befunde bilden zu können. Nur bei den Temperaturversuchen ist erwähnt, daß dasselbe Individuum mehrfach unter verschiedenen Bedingungen geprüft wurde; die Altersabhängigkeit dagegen scheint aus Versuchen erschlossen die an verschiedenen Individuen zur gleichen Zeit, anstatt an denselben zu verschiedener Zeit stattfanden, u. a. m. (Aus den Berichten über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie Bd. **39**, H. 1/2.)

KOEHLER.

Lethalfaktoren in der Entwicklung höherer Wirbeltiere. Als Lethalfaktoren bezeichnen wir Erbfaktoren, bei deren Vornandensein die betreffenden Individuen vor Abschluß ihrer Entwicklung zugrunde gehen. Das Studium solcher Merkmale ist nicht nur für den Züchter von höchster Wichtigkeit, weil ihr Vorhandensein eine unmittelbare Gefahr für den Bestand seiner Tiere bedeutet, sondern ist auch für den Vererbungsforscher von größtem Interesse, da es die Beantwortung mancher heute ungeklärten Frage verspricht. Da sich die Vererbungswissenschaft in ihren Anfängen naheliegender Weise mit auffälligen äußerlichen Merkmalen (hauptsächlich der Färbung und Zeichnung) der Tiere und Pflanzen beschäftigte, bildete sich bei manchen Wissenschaftlern die Meinung, daß nur solche äußerlichen und „einfachen" Eigenschaften den gefundenen Vererbungsregeln folgten und dieser in seiner Verallgemeinerung sicher unberechtigte Skeptizismus wird oft auch heute noch aufrecht erhalten, trotzdem die Beispiele für die einfach mendelistische Vererbung von Eigenschaften lebenswichtiger Organe oder Organsysteme sich häufen.

Trotz der Schwierigkeiten, die allen genetischen Untersuchungen bei unseren größeren Haustieren entgegenstehen, sind in den letzten Jahren eine Reihe von Lethalfaktoren bei ihnen festgestellt worden. J. YAMANE (On the lethal malformation of the colon in the horse, Transactions of the 6th Congress of the Far Eastern Association of Tropical Medicine, 1925) konnte in einwandfreier Weise einen Lethalfaktor beim Pferde feststellen, der offenbar ein einfaches, rezessives Mendelmerkmal darstellt. Es handelt sich um die als Atresia coli bekannte Mißbildung des Kolon, bei der das Kolon gespalten ist und in zwei Blindsäcken endet. Häufig finden sich bei solchen Tieren gleichzeitig Gehirnabnormitäten (Hydrocephalus, Glioma). Die Fohlen sind nach der Geburt nicht fähig aufzustehen und zeigen Symptome von Verstopfung und Kolik. Die Tiere sterben stets einen bis drei Tage nach der Geburt; man wird die Mißbildung deshalb besser in die Reihe der sublethalen Erbfaktoren einreihen. Der von YAMANE aufgestellte Stammbaum zeigt, daß Atresia coli sich dem normalen Zustand gegenüber rezessiv verhält und erst bei der Inzucht zweier solcher heterozygoter Tiere tritt bei den homozygoten Nachkommen die lethale Mißbildung auf.

Beim Rind hat CREW (The significance of an achondroplasia-like condition met with in cattle, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. **95**. 1923) den genetischen Beweis erbringen können, daß es sich bei den bei der Reinzucht von Dexterrindern zu einem Viertel auftretenden sog. „Bulldogkälbern" um erbliche, im homozygoten Zustand lethale Chondrodystrophia fetalis handelt. Die homozygoten Kälber werden in sehr mißbildetem Zustand abortiert. MOHR (Über Lethalfaktoren bei Haustieren und beim Menschen, Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre **41**. 1926) berichtet über Beobachtungen von WRIEDT und ihm über eine ähnliche aber etwas weniger ausgesprochene Mißbildung. „Die homozygoten Bulldogkälber werden lebend geboren. Da sie nicht stehen können, sterben sie nach wenigen Tagen infolge der Respirationsbeschwerden." Nur in einem einzigen Fall gelang es bei Anwendung besonderer Vorsichtsmaßregeln ein solches homozygotes Tier für drei Monate am Leben zu erhalten. Die Vererbung ist einfach rezessiv.

Bei Schafen hat ROBERTS (A hereditary lethal deformity in new-born lambs, Journ. of the Ministry of Agriculture 1926) neuerdings einen sehr interessanten Lethalfaktor entdeckt. Die Abnormität besteht in einer vollkommenen Steifheit der Gliedmaßengelenke, von der vor allem die Vorderextremitäten beinahe regelmäßig befallen sind; die Lage dieser Gliedmaßen ist oft völlig anormal. Bisher wurde diese Mißbildung bei Mountain-, Longwool- und Downschafen beobachtet. Unter 40 Fällen wurde nur ein einziges Mal ein Lamm lebend geboren und dieses konnte nur für 3 Tage am Leben erhalten werden. Bei Zwillingsgeburten ist in der Regel das eine Individuum völlig normal. ROBERTS hält es nach seinen bisherigen Beobachtungen für wahrscheinlich, daß es sich um einen einfachen rezessiven Mendelfaktor handelt, der in homozygoten Zustand, diese lethale Mißbildung hervorruft.

An Hühnern konnten DUNN und LANDAUER (The lethal nature of the „creeper" variation in the domestic fowl, Americ. Naturalist **60**. 1926) nachweisen, daß die durch ein einfaches dominantes Mendelmerkmal bedingten Eigenschaften des Krüperhuhnes in homozygoten Zustand lethal sind. Die homozygoten Embryonen sterben zwischen dem dritten und vierten Embryonaltag. Auch die bei Hühnerembryonen festgestellte Chondrodystrophie (LANDAUER and DUNN, Chondrodystrophia in chicken embryos, Proc. of the soc. f. exp. biol. a. med. **33**. 1926) stellt einen Lethalfaktor dar, dessen genetische Natur vorläufig allerdings noch nicht geklärt ist.

Diese Arbeiten zeigen, wie tiefgreifende Veränderungen im Organismus durch einzelne einfache Erbfaktoren hervorgerufen werden können und sie machen es verständlich, daß schon das Vorhandensein eines einzelnen solchen Lethalfaktors bei Inzucht die Existenz einer Linie oder sogar einer Rasse bedrohen kann.

WALTER LANDAUER.

Tierisches Leuchten und Symbiose (PAUL BUCHNER, Berlin 1926). Das tierische Leuchten ist eine so auffällige Erscheinung, daß es schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit nicht nur der Zoologen, sondern weiter Kreise auf sich gezogen hat. Vielfach ist es an das Leben der in Frage kommenden Organismen geknüpft, und das hat im Zusammenhang mit der Tatsache, daß fast durchweg in den leuchtenden Organen Bakterien gefunden werden konnten, denen die Befähigung zukommt, das Leuchten zu erzeugen, dazu geführt, daß PIERANTONI und BUCHNER gleichzeitig und unabhängig voneinander die Hypothese aufgestellt haben, daß es sich hier um eine Symbiose handelt. Das hat sich auch bei den in dieser Richtung am genauesten erforschten Tunicaten vollkommen bestätigt. Es hat sich hier gezeigt, daß die Bakterien in besonderen, morphologisch in sehr zweckmäßig herausdifferenzierten Zellen des Körpers, den sog. Mycetocyten, oft in gewaltiger Weise gespeichert werden, während sie dem Nachbargewebe fernbleiben. Offenbar wird in den speziell angepaßten Organen die Bildung von Antikörpern unterdrückt. Raffiniert ist bei den Tunicaten der Übertragungsmodus auf die folgende Generation. Sporenbildende Bakterien werden von den Leuchtorganen in die Blutbahnen abgegeben und gelangen von hier aus in die Follikelzellen, die die Eizellen umgeben. Von da findet die Infektion von der Oberfläche aus statt. Weitere genauer erforschte Beispiele liefern die Tiefseefische und vor allem viele Tintenfische. Hier erscheint der Übertragungsmodus noch verwickelter. Die sog. akzessorischen Nidamentaldrüsen sind, und zwar nur beim weiblichen Geschlecht, in Bakterienherde umgewandelt, von denen aus die Eier mit Bakterien beschmiert werden, wenn sie die Eileiter verlassen. Auch hier liegt also eine „cyclische" Symbiose vor, die zur Folge hat, daß der Kontakt von Generation zu Generation gewahrt bleibt. Mehrere Sorten von Bakterien können gleichzeitig bei der Symbiose beteiligt sein. Mutmaßlich in die gleiche Kategorie gehören die leuchtenden Protozoen, Schwämme, Polypen, Medusen, Bryozoen, Mollusken, Ophiuren, Crustaceen, die Leuchtkäfer usw. Das zeigt, daß es sich hier um eine weit verbreitete Erscheinung handelt, die nicht an besondere Klassen des Tierreiches gekettet ist. Fragt man nach dem Ausgangspunkt für diese Form der Symbiose, dann ergeben sich verschiedene Anhaltspunkte. Da ist zunächst der Tatsache zu gedenken, daß wir Leuchtbakterien auf vielen faulenden tierischen Organismen antreffen. Es sei vor allem an die leuchtenden toten Fische erinnert, die oft die Keller der Fischhandlungen mit einem geheimnisvollen Licht erfüllen. Das sind Erscheinungen, die vor allem durch MOLISCH eine Aufhellung gefunden haben. Während es sich hier um saprophytische Formen von Leuchtbakterien handelt, vermögen andere auch an lebende Wirte heranzugehen, die sie schließlich abtöten. Solche Vorgänge sind bei Flohkrebsen beobachtet. Es liegt natürlich nahe, daran zu denken, daß hier die Ausgangspunkte für die Symbiose liegen, wie das wohl so oft, z. B. auch bei der Mycorrhiza der Fall gewesen ist. Ungeklärt ist noch die Frage, ob wir aus dem Leuchten immer auf das Vorhandensein von Bakterien schließen dürfen und ob nicht auch höhere Tiere zu leuchten vermögen, ohne hierbei auf Hilfsorganismen zu greifen. Für diese Auffassung könnte zweierlei ins Feld geführt werden, einmal die Beobachtung, daß das Leuchten vielfach erst eintritt, wenn die Tiere gereizt werden, und dann der Umstand, daß mitunter leuchtende Flüssigkeit ausgestoßen wird, in der keine Bakterien nachweisbar sind. Indessen verliert die erste Tatsache ihre Beweiskraft, wenn man bedenkt, daß das Leuchten der Bakterien von bestimmten Außenfaktoren, und zwar vor allem von dem Sauerstoffgehalt des Milieus abhängig ist. Man braucht nur anzunehmen, daß die gereizten Tiere den Sauerstoffgehalt des Gewebes durch verstärkte Atmung erhöhen, um der Beobachtung gerecht zu werden. Aber die zweite Erscheinung ist noch nicht restlos geklärt, und es ist die Auffassung nicht von der Hand zu weisen, daß auch ein von Bakterien unabhängiges Leuchten vorkommt, das auf die Einwirkung von Leuchtenzymen (Luciferasen) auf besondere Leuchtstoffe (Luciferin) zurückzuführen ist, die sich in dem Gewebe der zum Leuchten befähigten Organismen vorfinden. Diese Frage ist also noch nicht spruchreif, eine Lücke, die bei der Neuheit des Gebietes nicht weiter verwunderlich ist. Hier ist die weitere Entwicklung unserer Kenntnisse abzuwarten.

STARK.

Bakteriologische Untersuchungen über die symbiontischen Leuchtbakterien von Sepien aus dem Golf von Neapel. Einen Teilausschnitt aus dem großen Gebiet der Leuchtsymbiose stellen zwei Mitteilungen von GERTRUD MEISSNER (Zentralbl. f. Bakteriol., Parasitenkunde u. Infektionskrankh., Abt. 2, 67. 1926 und Biol. Zentralbl. 46. 1926). dar, die sich mit den Leuchtbakterien von Sepien beschäftigt. Die ersten eingehenden Daten verdanken wir PIERANTONI und ZIRPOLO, an deren Untersuchungen GERTR. MEISSNER anknüpft. Es ist ihr geglückt, aus Tintenfischen zweierlei Bakterien zu isolieren, einmal echte Symbionten (Vibrio pierantoni aus Sepiola intermedia und Coccobacillus Pierantoni aus Rondeletia minor), dann aber auch sog. „banale" Leuchtbakterien, die im Gegensatz zu den vorigen auch außerhalb des tierischen Organismus verbreitet sind. Hierher gehören Bacillus sulla Sepia und Vibrio sulla Sepia. Von all diesen Organismen konnten in Reinkultur verschiedene Stämme gewonnen werden, die serologisch gegeneinander geprüft wurden. Es zeigte sich, daß sich die einzelnen Stämme serologisch sehr deutlich voneinander abheben, und daß vor allem sie symbiontischen Formen keine nähere Eiweißverwandtschaft zu den banalen aufweisen. Darüber hinaus aber scheint bei den Symbionten noch eine Spezialisation eingetreten zu sein derart, daß sie an den jeweiligen Wirt angepaßt sind. Mit großer Deutlichkeit treten serologisch scharf akzentuierte biologische Rassen hervor, wodurch sich die symbiontischen Bakterien wesentlich von den viel einheitlicher reagierenden banalen Stämmen unterscheiden. Wir haben es hier mit einer Erscheinung zu tun, der man vielfach auf dem Gebiete des Parasitismus und der Symbiose begegnet, überall dort also, wo die fortschreitende Spezialisation eine Rolle spielt. Als weitere wichtige Tatsache sei hervorgehoben, daß der Wirt nicht imstande ist, durch Antikörper gegen die zugehörigen Symbionten zu wirken. Das sind Beobachtungen, die mit Nachdruck auf das gegenseitige Sicheinspielen hindeuten.

STARK.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.